



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC5501**

**DESAIN ULANG STRUKTUR BETON BERTULANG  
LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN  
AMPEL SURABYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

RAFLI RAKHMA ALDILLAH  
NRP 3113030039

IKFA MUQSITH ZUKHRO  
NRP 3113030046

Dosen Pembimbing  
Ir.BOEDI WIBOWO, CES.  
NIP. 19530424 198203 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



**FINAL APPLIED PROJECT - RC5501**

**STRUCTURE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE  
LABORATURUM ISLAMIC STATE SUNAN AMPEL  
UNIVERSITY USING INTERMEDIATE MOMENTS FRAME  
SYSTEM METHOD**

**RAFLI RAKHMA ALDILLAH**  
NRP 3113030039

**IKFA MUQSITH ZUKHRO**  
NRP 3113030046

Consellor Lecturer  
Ir.BOEDI WIBOWO, CES.  
NIP. 19530424 198203 1 002

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016**

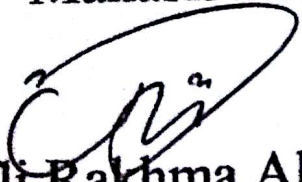
# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN ULANG STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH


### TUGAS AKHIR TERAPAN

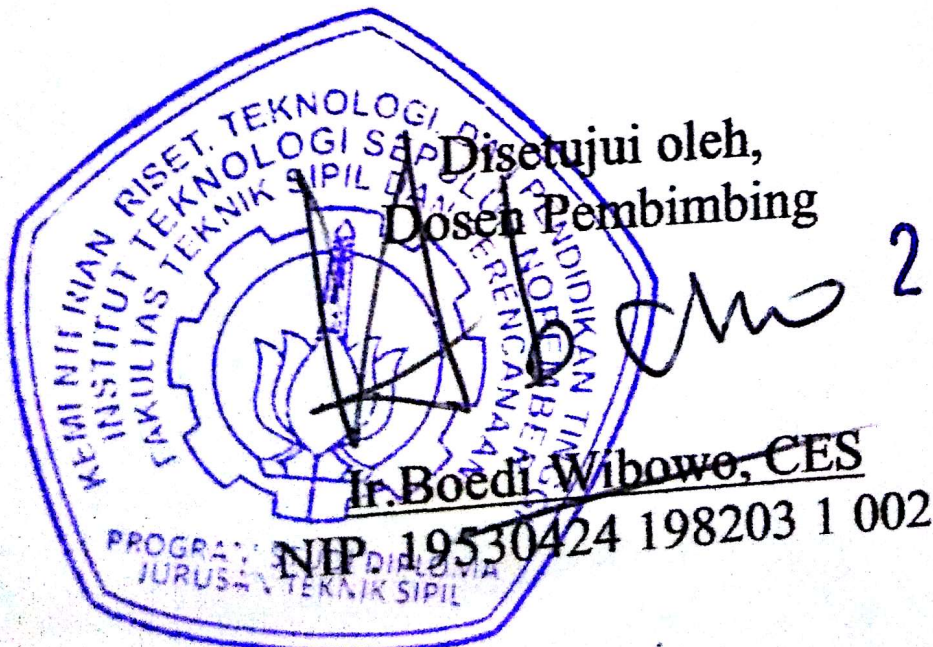
Diajukan Untuk Memenuhi salah satu syarat kelulusan pada  
Program Studi Diploma III Teknik Sipil  
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Mahasiswa I

  
Rafli Rakhma Aldillah  
NRP. 3113.030.039

Mahasiswa II

  
Ikfa Muqsith Zukhro  
NRP. 3113.030.046



20 JUL 2016



**LEMBAR PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Rafli Rakhma Adillah / Ikfa Muqstih Zukhro  
Nrp. : 3113030039 / 3113030046  
Jurusan / Fak. : DIII Teknik Sipil / Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Alamat kontak :  
a. Email : rafli.a@gmail.com / ikfa.muqstih@gmail.com  
b. Telp/FHP : 081331323631 / 085733531639

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti-Free Right*) kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Desain Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung Laboratorium  
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya dengan Metode  
Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

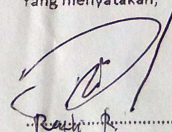
Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

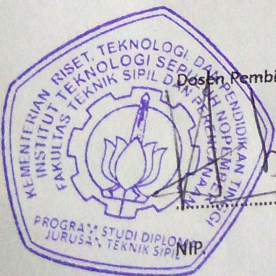
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,

  
Ikfa M Z  
Nrp. 3113030039 / Nrp. 3113030046



**KETERANGAN :**

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

# **DESAIN ULANG STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

## **ABSTRAK**

Pada Tugas Akhir ini mengambil data bangunan Laboratorium dari proyek pengembangan Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Dalam perencanaan perhitungan struktur gedung menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Pada perencanaan akan mengalami sedikit perubahan pada komponen gedung laboratorium yang pada awalnya terdiri 3 lantai dengan atap rangka baja menjadi 4 lantai dengan atap pelat beton.

Perencanaan perhitungan beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847-2013 mengenai “Peraturan Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung” dan peraturan PBBI 1971 mengenai “Peraturan Beton Bertulang Indonesia”. Pembebanan gedung menggunakan peraturan PPIUG 1983 mengenai “Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung”. Pembebanan gempa menggunakan peraturan SNI 1726-2012 mengenai “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” dengan metode statik ekuivalen. Dalam analisa gaya dan momen menggunakan aplikasi SAP2000 dibantu dengan aplikasi lainnya.

Hasil dari perhitungan perencanaan berupa gambar kerja dari struktur atas (kolom, balok, pelat) sampai struktur bawah (pondasi).

**Kata kunci :** SRPMM, statik ekuivalen, struktur

# **STRUCTURE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE LABORATORIUM ISLAMIC STATE SUNAN AMPEL UNIVERSITY USING INTERMEDIATE MOMENTS FRAME SYSTEM METHOD**

## **ABSTRACT**

In this Final Project, the Laboratorium Construction data was retrieved from development project of Sunan Ampel Islamic University of Surabaya. Intermediate Moments Frame System Method is used in calculating and planning the building structure. In the planning process, there were be little changes in laboratorium building components that was initially consist of 3 floors with the steel-structured roof into 4 floors with concrete-plated roof.

Planning the calculation of reinforced concrete were using the SNI 2847-2013 regulation about "Regulatory Requirements for Reinforced Concrete Buildings" and PBBI 1971 regulation on "Regulation of Reinforced Concrete Indonesia". Imposition of building were using the PPIUG 1983 regulation about "Indonesia Loading Regulations for Buildings". Imposisiton of earthquake were using the SNI 1726-2012 regulation about " Earthquake Resilience Planning Procedures for Non-Structural Building and Building" with the equivalent static method. In force and moment analysis, SAP2000 and other application was used.

The result of calculation planning were the work drawing of upper structure (column, beams, plates) until the lower structure (foundation).

**Kata kunci :** SRPMM, static equivalent, structure

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Kuasa karena berkat rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan baik, dan efektif.

Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut andil dalam membantu dan memberi masukan serta arahan yang lebih baik untuk Tugas Akhir Terapan kami. Ucapan terima kasih terutama khususnya kepada :

1. Kedua orang tua kami, sebagai penyemangat kami dan yang telah berjuang rela memberikan kami dukungan moral, do'a, maupun materiil
2. Bapak Dr. Machsus, ST.MT. sebagai Ketua Program Studi Diploma Teknik Sipil
3. Bapak Ir. Boedi Wibowo, CES sebagai dosen pembimbing kami
4. Bapak M. Khoiri, ST.MT.Ph.D sebagai dosen wali kami

Pada tugas akhir terapan ini, pasti masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata kesempurnaan, kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan membangun demi menyempurnakan tugas akhir ini.

Surabaya, 14 Juni 2016  
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>4</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>7</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>11</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>13</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>15</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1.    LATAR BELAKANG .....	1
1.2.    RUMUSAN MASALAH .....	2
1.3.    BATASAN MASALAH .....	2
1.4.    TUJUAN .....	2
1.5.    MANFAAT.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1.    DATA PERENCANAAN .....	3
2.2.    PERUBAHAN DESAIN.....	4
2.3.    PEMBEBANAN.....	4
2.3.1 <i>Beban Mati</i> .....	4
2.3.2 <i>Beban Hidup</i> .....	5
2.3.3 <i>Beban Angin</i> .....	5
2.3.4 <i>Beban Hujan</i> .....	5
2.3.5 <i>Beban Gempa</i> .....	5
2.4.    KOMBINASI PEMBEBANAN.....	15
2.5.    SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH .....	15
2.5.1 <i>Kekuatan Geser</i> .....	16
2.5.2 <i>Balok</i> .....	16
2.5.3 <i>Kolom</i> .....	17



2.5.4	<i>Pelat (Slab)</i> .....	19
2.6.	PERHITUNGAN STRUKTUR .....	20
2.6.1.	<i>Struktur Plat</i> .....	20
2.6.2.	<i>Struktur Tangga</i> .....	28
2.6.3	<i>Perencanaan Balok</i> .....	29
2.6.4	<i>Perencanaan Kolom</i> .....	38
<b>BAB III</b>	<b>ANALISA PERENCANAAN</b> .....	<b>45</b>
3.1.	PERENCANAAN DIMENSI .....	45
3.1.1	<i>Struktur Primer</i> .....	45
3.1.2	<i>Perencanaan Dimensi Struktur Sekunder</i> .....	52
3.2.	ANALISA PEMBEBANAN .....	63
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>87</b>
4.1	PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT .....	87
4.1.1	<i>Penulangan Pelat Lantai</i> .....	87
4.1.2	<i>Penulangan Pelat Tangga dan Bordes</i> .....	98
4.2	PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK .....	109
4.2.1	<i>Perhitungan Penulangan Balok Induk Melintang (30/60)</i>	109
4.2.2	<i>Perhitungan Penulangan Balok Induk Memanjang (30/60)</i>	143
4.2.3	<i>Rekapitulasi Penulangan Balok</i> .....	177
4.3	PERHITUNGAN PENULANGAN KOLOM .....	183
4.3.1	<i>Perhitungan Penulangan Lentur Kolom</i> .....	183
4.3.2	<i>Perhitungan Penulangan Geser Kolom</i> .....	202
4.3.3	<i>Panjang Penyaluran</i> .....	205
4.4	PERHITUNGAN BORPILE DAN PILECAP .....	206
4.4.1	<i>Perhitungan Daya Dukung Tanah dan Tiang Tunggai</i> .....	206
4.4.2	<i>Tipe Pondasi Yang Direncanakan Sesuai Gaya Aksial Pada Tiap Joint</i> .....	208
4.4.3	<i>Perhitungan Pondasi Tipe I</i> .....	209
4.4.4	<i>Rekapitulasi Perhitungan Pondasi</i> .....	226
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	<b>227</b>

**DAFTAR PUSTAKA .....229**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Peraturan yang digunakan .....	3
Tabel 2 Klasifikasi situs .....	6
Tabel 3 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode pendek .....	8
Tabel 4 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik .....	8
Tabel 5 Koefisien situs $F_a$ .....	9
Tabel 6 Koefisien situs $F_v$ .....	10
Tabel 7 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa .....	12
Tabel 8 Faktor keutamaan gempa .....	13
Tabel 9 Faktor-faktor untuk sistem penahan gaya gempa .....	13
Tabel 10 Tebal minimal pelat one way .....	21
Tabel 11 Dimensi Balok .....	29
Tabel 12 Nilai SPT Tanah .....	67
Tabel 13 Klasifikasi Situs .....	68
Tabel 14 Koefisien Situs $F_a$ .....	71
Tabel 15 Koefisien Situs $F_v$ .....	72
Tabel 16 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek .....	73
Tabel 17 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik .....	74
Tabel 18 Kategori resiko .....	78
Tabel 19 Faktor keutamaan gempa .....	78
Tabel 20 Rekapitulasi Balok .....	182
Tabel 21 Kebutuhan Pilecap tiap Joint .....	208
Tabel 22 Jarak X dan Y tiang ke titik berat .....	212
Tabel 23 Rekapitulasi Pondasi .....	226

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Geser SRPMM.....	18
Gambar 2 Sketsa One Way Slab .....	20
Gambar 3 Sketsa Two Way Slab.....	22
Gambar 4 Panjang penyaluran .....	27
Gambar 5 Persyaratan Geser SRPMM.....	34
Gambar 6 Penyaluran Tulangan Balok Area Lapangan .....	37
Gambar 7 Penyaluran Tulangan Balok Area Tumpuan.....	37
Gambar 8 Faktor kekangan ujung ( $\Psi$ ).....	39
Gambar 9 Geser Kolom.....	42
Gambar 10 Permodelan SAP.....	45
Gambar 11 Balok induk melintang yang ditinjau.....	46
Gambar 12 Balok induk memanjang yang ditinjau.....	47
Gambar 13 Balok anak yang ditinjau .....	48
Gambar 14 Balok sloof yang ditinjau.....	49
Gambar 15 Kolom yang ditinjau .....	50
Gambar 16 Pelat yang ditinjau .....	52
Gambar 17 Mekanika perencanaan tangga.....	59
Gambar 18 Denah tangga .....	60
Gambar 19 Potongan Tangga .....	60
Gambar 20 Potongan Detail Tangga .....	61
Gambar 21 Beban angin portal memanjang .....	66
Gambar 22 Beban angin portal melintang.....	66
Gambar 23 Tabel Ss Peta Hazard Indonesia .....	70
Gambar 24 Tabel S1 Peta Hazard Indonesia.....	70
Gambar 25 Kurva Spektrum Respon Desain.....	76
Gambar 26 Rangka Bergoyang .....	189
Gambar 27 Diagram Interaksi .....	192
Gambar 28 Perencanaan Pondasi .....	226

*\*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR NOTASI

Acp	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm <sup>2</sup> )
Al	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm <sup>2</sup> )
Ao	= Luasbruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm <sup>2</sup> )
Aoh	= Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm <sup>2</sup> )
As	= Luas tulangan tarik non prategang (mm <sup>2</sup> )
Asc	= Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam pemikul momen lentur (mm <sup>2</sup> )
Acp	= luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton
As'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm <sup>2</sup> )
At	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm <sup>2</sup> )
Av	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm <sup>2</sup> )
bo	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
bw	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
Cc	= selimut bersih dari permukaan tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur
Cm	= faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan diagram momen merata ekuivalen
Cc'	= Gaya pada tulangan tekan
Cs'	= Gaya tekan pada beton
d	= tinggi efektif balok maupun kolom
D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
Ec	= Modulus elastisitas beton (MPa) = $4700\sqrt{f_c}$ MPa
Es	= modulus elastisitas baja = 200.000 MPa

Ib	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
Ip	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
Ik	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto kolom
fc'	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
fy	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
fvy	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
fys	= Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
fs	= Faktor aman yang disarankan Reese dan O'Neil (1989)
h	= Tinggi total dari penampang
hn	= Bentang bersih kolom
Ln	= Bentang bersih balok
Mu	= Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
Mnb	= Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
Mnc	= Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
Mn	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
Mnl	= Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
Mnr	= Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
Mnt	= Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
Mnx	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
Mny	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
M1	= Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen tekan, bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M2	= Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada Komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
M1ns	= Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak

menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)

M2ns = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).

M1s = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)

M2s = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).

n = Banyak tulangan yang dibutuhkan

Nspt = Nilai hasil Test Penetrasi standart pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum

Nu = Beban aksial terfaktor

Pcp = keliling luar penampang beton (mm)

Pb = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)

Pc = Beban kritis (N)

PCP = Keliling penampang beton (mm)

Ph = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi

Pn = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)

Po = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)

$P_u$	= Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
$R$	= Faktor reduksi gempa, rasio anatar beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gdung tidak beraturan
$R_{sx}$	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X
$R_{sy}$	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y
$S$	= Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)
$T$	= Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
$t_i$	= Tebal lapisan tanah ke-i
$T_n$	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
$T_u$	= Momen torsi tefaktor pada penampang (Nmm)
$V_c$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
$V_n$	= Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dangan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan fl
$V_s$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
$V_u$	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
$\alpha$	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
$\alpha_m$	= Nilai rata-rata $\alpha$ untuk semua balok tepi dari suatu panel

$\beta$	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
$\beta_d$	= Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
$\rho$	= Rasio tulangan tarik
$\rho'$	= Rasio tulangan tekan
$\rho_b$	= Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
$\rho_{max}$	= Rasio tulangan tarik maksimum
$\rho_{min}$	= Rasio tulangan tarik minimum
$\phi$	= Faktor reduksi kekuatan
$\epsilon$	= Regangan
$\epsilon_c$	= Regangan dalam beton
$\lambda_d$	= Panjang penyaluran
$\lambda_{db}$	= Panjang penyaluran dasar
$\lambda_{dh}$	= Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan).
$\lambda_{hb}$	= Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik
$\lambda_n$	= Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
$\lambda_u$	= Panjang bebas (tekuk) pada kolom
$\delta_{ns}$	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
$\delta_s$	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
$\mu$	= Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa



rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama

$\psi$	= Faktor kekangan ujung – ujung kolom
$l_n$	= Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok
$f_y$	= Tegangan leleh
$\beta$	= Rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat
$\alpha_m$	= Nilai rata – rata dari $\alpha$ untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
$\alpha$	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
$Q_u$	= daya dukung ultimate (ton)
$Q_p$	= daya dukung ujung tiang
$Q_s$	= daya dukung selimut tiang
$N$	= nilai SPT pada ujung tiang
$N_{av}$	= rata-rata nilai SPT sepanjang tiang
$A_p$	= luas permukaan ujung tiang
$A_s$	= luas selimut tiang
$SF$	= safety factor

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara yang terdiri dari berbagai kepulauan. Di setiap pulau di Indonesia pasti memiliki keunikan masing-masing. Dalam dunia ketekniksipilan tentunya juga sama, dalam merencanakan bangunan teknik sipil khususnya bangunan gedung perlu penanganan yang berbeda-beda di setiap wilayah. Belum lagi ditambah Indonesia terletak di lingkaran cincin api dimana kondisi Indonesia rawan terhadap gempa yang dapat datang kapan saja. Setiap pulau di Indonesia memiliki tingkat rawan terhadap gempa berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, sehingga besaran gempa di setiap daerah pasti tidak sama dan juga tergantung dari titik pusat gempa.

Perencanaan tugas akhir terapan pada Bangunan Laboraturium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel dihitung sesuai peraturan SNI Beton 2847-2013 dan peraturan SNI Gempa 1726-2012 dalam mengantisipasi dan menahan baik gempa kecil sampai gempa skala besar sehingga gedung mampu tetap bertahan tidak ambruk walaupun sudah berada di ambang runtuh. Bangunan Laboraturium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel terletak di Jl.A.Yani no 117 Surabaya sehingga pada zona gempa termasuk dalam zona 2 akan tetapi pada perencanaan diasumsikan menjadi zona gempa 3 dengan resiko gempa sedang atau menengah dan menggunakan metode SRPMM dengan  $0,167 \leq S_d \leq 0,33$  dan  $0,067 \leq S_d1 \leq 0,133$  sehingga bangunan yang dirancang tersebut bisa bertahan setelah menerima beban yang telah diperhitungkan. Bangunan Laboraturium tersebut awalnya memiliki tiga lantai dengan atap rangka baja kemudian dilakukan perubahan struktur yaitu pada tinggi bangunan

menjadi empat lantai dan atap menggunakan pelat beton dikarenakan standar kompetensi yang diberikan dalam tugas akhir oleh Program Studi Diploma III Teknik Sipil ITS

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana mendesain ulang struktur Bangunan Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel yang telah mengalami perubahan struktur dari beban semula tiga lantai atap rangka baja menjadi empat lantai atap pelat beton dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
2. Bagaimana menggambar hasil perhitungan struktur dituangkan ke dalam gambar teknik

### **1.3. Batasan Masalah**

Beban gempa dihitung dengan metode statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726-2012 dengan beban 500 tahun

### **1.4. Tujuan**

Merencanakan perhitungan dan penulangan struktur berdasarkan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) serta menyajikan dalam gambar teknik

### **1.5. Manfaat**

Untuk penulis, mengetahui bagaimana cara mendesain struktur bangunan gedung berdasarkan metode SRPMM

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam perhitungan struktur Bangunan Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya mengacu pada peraturan-peraturan antara lain :

*Tabel 1 Peraturan yang digunakan*

NO	PERATURAN	TENTANG
1	SNI 2847-2013	Peraturan Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung
2	SNI 1726-2012	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
3	PPIUG 1983	Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung
4	PBBI 1971	Peraturan Beton Bertulang Indonesia

#### **2.1. Data Perencanaan**

Data Proyek :

1. Nama Proyek : Proyek Pengembangan Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
2. Alamat Proyek : Jl.A.Yani No 117 Surabaya
3. Pemilik Proyek : -Islamic Development Bank  
-Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
4. DEDC : Patron Architects, Engineers
5. PMSC : PT.Deta Decon J.O

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
|                         | PT.Eneste              |
| 6. Kontraktor Pelaksana | : PT. PP (Persero) Tbk |
| 7. Luas satu lantai     | : 893 m <sup>2</sup>   |
| 8. Luas total lantai    | : 3572 m <sup>2</sup>  |
| 9. Struktur Bangunan    | : Beton Bertulang      |

Data Material :

- Beton
  - 1. Mutu Beton : K-350 (Struktur Atas)  
K-350 (Bor Pile)
- Tulangan
  - 1. Mutu Baja : BJ-37
  - 2. Kuat Lentur (fy) : 400 MPa
  - 3. Kuat Geser (fy) : 240 MPa
  - 4. Modulus Elastisitas (E) : 200000 MPa

## 2.2. Perubahan Desain

Perubahan bentuk asli bangunan dilakukan untuk menghargai desain yang telah direncanakan dan untuk menghindari penjiplakan (*plagiarisme*) dalam perencanaan. Dalam perubahan yang dilakukan pada perencanaan tugas akhir gedung Laboraturium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya ini dilakukan sedikit perubahan. Perubahan-perubahan pada bentuk bangunan tersebut adalah :

- a. Pada bentuk asli bangunan Laboraturium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel terdiri dari 3 lantai dengan atap rangka baja dalam perencanaan tugas akhir diubah menjadi 4 lantai dengan atap pelat beton.

## 2.3. Pembebanan

### 2.3.1 Beban Mati

Beban mati merupakan beban yang menjadi beban suatu gedung dimana beban tersebut sifatnya tetap termasuk unsur tambahan dan bagian-bagian yang tak terpisahkan dari suatu gedung. Peraturan beban mati diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 8.11.2 dan kombinasi beban mati pasal 9.2.1 serta diatur PPIUG 1983.



### **2.3.2           Beban Hidup**

Beban hidup merupakan beban penggunaan suatu gedung termasuk peralatan maupun barang yang sifatnya sementara atau dapat berpindah dan bukan merupakan bagian suatu gedung yang sifatnya permanen termasuk beban air hujan yang diterima oleh atap suatu gedung. Peraturan beban hidup diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 8.11.1 dan kombinasi beban hidup pasal 9.2.1 serta PPIUG 1983.

### **2.3.3           Beban Angin**

Beban angin merupakan beban yang terjadi akibat adanya perbedaan tekanan udara dan membebani elemen gedung disalurkan melalui elemen kolom suatu bangunan. Pengaturan beban angin diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 8.2.3 dengan kombinasi beban angin diatur pada pasal 9.2.1 dan 9.2.2 serta pada PPIUG 1983.

### **2.3.4           Beban Hujan**

Beban hujan merupakan beban yang sifatnya tidak permanen dan termasuk dalam kategori beban hidup suatu bangunan dimana beban hujan membebani atap suatu bangunan. Peraturan mengenai beban hujan diatur pada PPIUG 1983

### **2.3.5           Beban Gempa**

Beban gempa merupakan beban yang terjadi pada gedung akibat adanya pergeseran tanah sehingga otomatis elemen gedung tersebut mengikuti pergerakan tersebut sehingga perlu adanya perhitungan untuk mengantisipasi terjadinya pergeseran tersebut yang dapat mengakibatkan keruntuhan pada bangunan tersebut. Bangunan Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya merupakan gedung yang memiliki bentuk yang beraturan berperilaku sebagai struktur dua dimensi sehingga respons dinamikanya praktis yang ditampilkan sebagai akibat beban gempa statik ekuivalen. Menurut peraturan pembebanan SNI gempa 1726-2012 :

1. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata – rata ( $\bar{N}_{SPT}$ ) sesuai SNI 1726-2012.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}}$$

2. Dari nilai  $\bar{N}_{SPT}$  dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

*Tabel 2 Klasifikasi situs*

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50

	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>\bar{s}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>
<p>SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)</p>	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{s}_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul>

*Catatan : N/A = tidak dapat dipakai*

3. Setelah mendapatkan Kelas Situs Tanah, kemudian menentukan KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726-2012.

*Tabel 3 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode pendek*

Nilai <i>SDS</i>	Kategori risiko	
	I / II / III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

*Tabel 4 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda 1 detik*

Nilai <i>SDS</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDI \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDI \leq 0,20$	C	D

$0,20 \leq SDI$	D	D
-----------------	---	---

4. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai  $S_s$  dan  $S_1$  berdasarkan PETA *HAZARD* GEMPA INDONESIA 2010 dengan periode ulang 500 tahun.
5. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik ( $F_a$ ) dan Koefisien Situs Periode 1 detik ( $F_v$ ) berdasarkan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

*Tabel 5 Koefisien situs  $F_a$*

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Tabel 6 Koefisien situs  $F_v$ 

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,25$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,0$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

6. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik ( $S_{MS}$ ) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

7. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

8. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

9. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

10. Kemudian menentukan besar periode ( $T$ ) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012.

$$T = C_t \times h_n^x$$

$h_n$  = Tinggi bangunan (m)

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

11. Membuat Respon Spektrum Gempa sesuai SNI 1726-2012.

✓ Untuk perioda lebih kecil  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

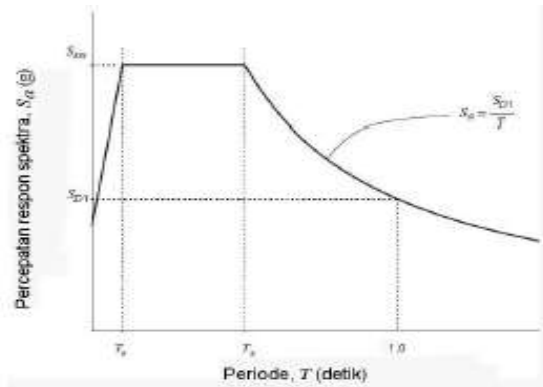
✓ Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

✓ Untuk perioda lebih besar  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dari nilai  $T_0$   $T_s$  didapatkan nilai spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) yang nantinya akan menghasilkan grafik. Dengan nilai  $S_a$  pada sumbu y dan nilai  $T$  pada sumbu x



Sehingga dari prosedur diatas dapat ditentukan grafik analisis gempa dengan metode respon spektrum yang akan digunakan pada perencanaan gedung Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya ini yang nantinya akan diinputkan pada program bantu SAP 2000.

12. Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa (*I*) struktur bangunan sesuai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012) tabel 1

*Tabel 7 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa*

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan Monumental</li> <li>- <b>Gedung Sekolah dan Fasilitas Pendidikan</b></li> <li>- Rumah Sakit dengan fasilitas bedah dan UGD</li> <li>- Pusat pembangkit energi</li> <li>- Tempat perlindungan gempa bumi, badai, dll</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat</li> </ul>	IV



Tabel 8 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa ( $I$ )
IV	1,50

13. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon ( $R$ ) sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 9 Faktor-faktor untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, $R$	Faktor Kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

Momen Menengah								
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

14. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \times W$$

15. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V$$

16. Input ke dalam SAP 2000 gaya geser dasar seismik per lantai

## 2.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan didapat dari SNI 2847-2013 sebagai berikut :

- (1)  $1,4 D$
- (2)  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- (3)  $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- (4)  $1,2 D + 1,0 L + 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
- (5)  $0,9 D \pm 1,0 W$
- (6)  $1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- (7)  $0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

$D$  adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan yang tetap

$L$  adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

$L_r$  adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

$R$  adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

$E$  adalah beban gempa

## 2.5. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Metode perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaannya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser yang tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur. Selain itu juga harus digunakan prinsip kolom kuat balok lemah. Dengan kata lain keruntuhan yang terjadi dipaksakan pada balok. Ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) mengacu pada Persyaratan

Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), pasal 21.3.

### **2.5.1 Kekuatan Geser**

#### **1. Geser Balok**

Kuat geser rencana  $\phi V_n$  balok yang menahan pengaruh gempa, E, tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari :

- a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan  $M_n$  balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa

#### **2. Geser Kolom**

Kuat geser rencana  $\phi V_n$  kolom yang menahan pengaruh gempa, E, tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari :

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan oleh  $\Omega_o$

### **2.5.2 Balok**

1. Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat

lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

2. Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

- a.  $d/4$ ,
- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- c. 24 kali diameter sengkang, dan
- d. 300 mm.

Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi  $d/2$ .

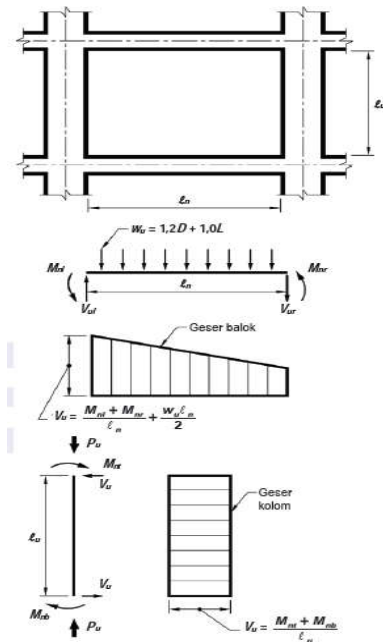
### 2.5.3 Kolom

Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan 7.10.4 atau harus memenuhi pasal 21.3.5.2 hingga 21.3.5.4. Sub pasal 21.3.5.5 berlaku untuk semua kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus

- Persyaratan Pasal 21.3.5.2 adalah sebagai berikut
  - a. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
  - b. 24 kali diameter sengkang ikat,
  - c. Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
  - d. 300 mm.

Panjang  $l_0$  tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- a. Seperenam tinggi bersih kolom,
  - b. Dimensi terbesar penampang kolom, dan
  - c. 450 mm.
- Persyaratan Pasal 21.3.5.3 adalah sebagai berikut :
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari  $S_o/2$  dari muka joint
  - Di luar panjang  $l_o$ , spasi tulangan transversal harus memenuhi pasal 7.10 dan pasal 11.4.5.1



Gambar 1 Geser SRPMM

#### 2.5.4 Pelat (Slab)

Ketentuan-ketentuan perancangan pelat untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah adalah sebagai berikut :

1. Momen slab terfaktor pada tumpuan termasuk pengaruh gempa,  $E$ , harus ditentukan untuk kombinasi beban yang diberikan. Tulangan yang disediakan untuk menahan  $M$  slab harus ditempatkan dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam 13.2.1
2. Tulangan yang ditempatkan dalam lebar efektif yang ditetapkan dalam 13.5.3.2 harus diproporsikan untuk menahan  $\gamma_f M_{slab}$ . Lebar slab efektif untuk sambungan eksterior dan sudut tidak boleh menerus melewati muka kolom jarak lebih besar dari  $C_t$  yang diukur tegak lurus terhadap bentang slab
3. Tidak kurang dari setengah tulangan pada lajur kolom di tumpuan harus ditempatkan dalam lebar slab efektif yang diberikan dalam 13.5.3.2
4. Tidak kurang dari seperempat tulangan atas ditumpuan pada lajur kolom harus menerus sepanjang bentang
5. Tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom
6. Tidak kurang dari setengah dari semua tulangan lajur tengah bawah dan semua tulangan lajur kolom bawah di tengah bentang harus menerus dan harus mengembangkan  $F_y$  di muka tumpuan atas didefinisikan 13.6.2.5
7. Pada tepi slab yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada tumpuan harus disalurkan di muka tumpuan seperti didefinisikan dalam 13.6.2.5

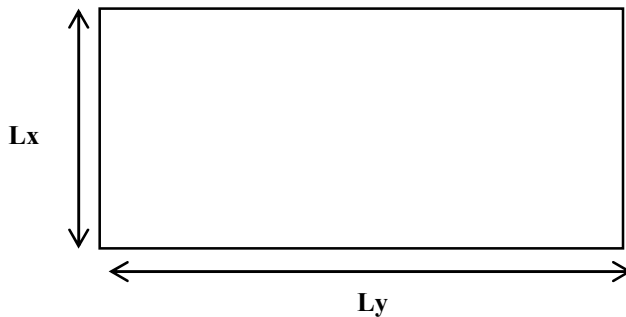
8. Pada tepi penampang kritis untuk kolom yang didefinisikan dalam 11.11.1.2, geser dua arah yang diakibatkan oleh beban gravitasi terfaktor tidak boleh melebihi  $0.4 \phi V_c$ , dimana  $V_c$  harus dihitung seperti didefinisikan dalam 11.11.2.1

## 2.6. Perhitungan Struktur

### 2.6.1. Struktur Plat

#### 2.6.1.1. Perencanaan Tebal Pelat

##### A. Pelat satu arah ( *One Way Slab* )



*Gambar 2 Sketsa One Way Slab*

- ✓ Apabila,  $\frac{L_y}{L_x} > 2$ , maka termasuk ke dalam pelat satu arah
- ✓ Peraturan mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2
- ✓ Tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur pada SNI 2847-2013
- ✓ Tebal minimum yang ditentukan berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

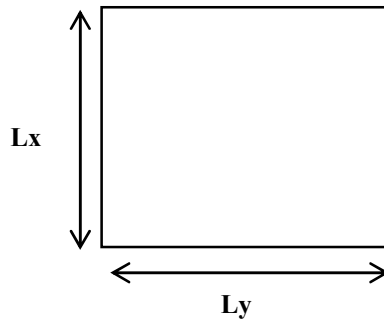


*Tabel 10 Tebal minimal pelat one way*

Komponen struktur	Tebal minimum , h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok atau plat rusuk satu arah	l/16	l/18,5	l/21	l/18
<p>Catatan : panjang bentang dalam mm, nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :</p> <p>a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>. Nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65-0,0003 w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.</p>				

*Catatan : Bila lendutan harus dihitung maka perhitungan lendutan digunakan metode lendutan elastis pasal 9.5.2.2 SNI 2847-2013*

### B. Pelat dua arah ( *Two Way Slab* )



Gambar 3 Sketsa Two Way Slab

- ✓ Apabila  $\frac{L_y}{L_x} < 2$ , maka termasuk pelat dua arah
- ✓ Tipe pelat diasumsikan jepit penuh pada setiap sisinya. Asumsi ini dikarenakan kondisi jepit penuh pada semua sisi plat mengakibatkan momen yang timbul sebagian besar ke daerah tumpuan

	$M_{lx} = 0,001 q l_x^2 X$
	$M_{ly} = 0,001 q l_x^2 X$
	$M_{tx} = 0,001 q l_x^2 X$
	$M_{ty} = 0,001 q l_x^2 X$

- ✓ Pelat dua arah atau konstruksi dua arah non prategang diatur pada SNI 2847 2013 pasal 9.5.3
- ✓ Tebal minimum untuk pelat dua arah diatur pada tabel 9.5.c tetapi tidak boleh kurang dari
  - a) tanpa panel drop sesuai SNI 2847-2013 pasal 13.2.5 yaitu 125 mm
  - b) dengan panel drop sesuai SNI 2847-2013 pasal 13.2.5 yaitu 100 mm
  - c) Tabel 2. 1. Tebal minimum pelat tanpa balok interior

- Tebal pelat dengan balok sepanjang tumpuan pada setiap sisi pelat harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
  - a. untuk  $\alpha_{fm} \leq 0,2$  harus menggunakan 9.5.3.2 (menggunakan tabel 9.5.c)
  - b. untuk  $\alpha_{fm} \geq 0,2 \leq 2,0$  ketebalan minimum pelat harus tidak boleh kurang dari Pelat dua arah

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

Dan juga tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. untuk  $\alpha_{fm} \geq 2$  ketebalan minimum pelat harus tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

Dan juga tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

$l_n$  = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

$f_y$  = Tegangan leleh

$\beta$  = Rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

$\alpha_m$  = Nilai rata – rata dari  $\alpha$  untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

$\alpha$  = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel bersebelahan.

- $\alpha_{fm}$  merupakan rata-rata  $\alpha_f$   

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p}$$
- Kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} > 1,0$$

dimana :  $E_c$  = modulus elastisitas beton

$E_{cs}$  = modulus elastisitas pelat beton

$I_b$  = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok

$I_s$  = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat

- Apabila  $E_{cb} = E_{cs}$ ; maka  $\alpha = \frac{I}{I_s}$

- ✓ Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha_l$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus sesuai SNI 2847-2013.

### 2.5.1.2. Analisa Gaya Dalam Struktur pada Pelat

Untuk mengetahui kategori pelat dapat dilihat besarnya nilai rata-rata rasio kekakuan pelat dengan balok ( $\alpha_m$ ) sesuai buku desain Beton Bertulang oleh Chua-Kia Wang dan Charles G. Salmon jilid 2, penerbit Erlangga tahun 1992, Jakarta.

### 2.5.1.3. Penulangan Pelat

- 1) Analisa gaya – gaya dalam ..... PBBI 1971 pasal 13.3 (tabel 13.3.1 hal 202).

$$\frac{h}{t_p} \geq 3,50 \quad \blacktriangleright \text{ jepit penuh}$$

$$\frac{h}{t_p} \leq 3,50 \quad \blacktriangleright \text{ jepit elastis}$$

- 2) Rasio penulangan plat

- $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$

***SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1***

- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_{c'} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$

***SNI-03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2***

- $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$

***SNI-03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3***

- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}}$

***Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a***

- $\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$

***Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a***

- Apabila  $\rho_{perlu} \leq \rho_{min}$ , maka  $\rho_{perlu}$  dinaikkan 30%

Jadi,  $A_s = \rho_{perlu} \times b \times d$

3) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

- **SNI 2847-2013 pasal 13.3.2** yaitu

$$S \leq 2 H_p$$

- Jarak maksimum tulangan pelat

$$S \leq 3 H_p$$

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

4) Kontrol Tulangan Susut dan Suhu

- **SNI 2847-2013 pasal 7.12**

- Dimana luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto tidak kurang dari 0,0014

$$\frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ Bruto}} \geq 0,0014$$

**SNI 2847-2013 pasal 7.12. 2.1**

a. Kontrol Jarak Tulangan Susut dan Suhu

$$S \leq 5 H_p$$

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

**SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.2**

b. Panjang penyaluran  
SNI 2847-2013 gambar 13.3.8

LAJUR	LOKASI	A MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA PANEL TURUN	DENGAN PANEL TURUN
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50%		
	BAWAH	100%		
LAJUR TENGAH	ATAS	100%		
	BAWAH	SISA 50%		
			<p>Bentang bersih - <math>\ell_d</math> Muka pendukung Pusat ke pusat bentang</p> <p>Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus) Pendukung interior (Terdapat slab menerus) Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus)</p>	

Gambar 4 Panjang penyaluran

- Penyaluran tulangan momen positif (Pasal 12.11.1)

Minimal  $\frac{1}{3}$  tulangan momen positif pada komponen struktur sederhana, dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus harus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama ke dalam tumpuan.

- Penyaluran tulangan momen negative (Pasal 12.12)

Minimal  $\frac{1}{3}$  tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negative pada tumpuan harus mempunyai panjang penanaman melewati titik belok tidak kurang dari

- $D ; 12db ; L_n/16 \rightarrow$  Ambil yang terbesar

## **2.6.2. Struktur Tangga**

### **2.6.2.1 Perencanaan Dimensi Tangga**

$$0,6 \leq (2t + i) \leq 0,65 \text{ (meter)}$$

Dimana  $t$  = tanjakan  $< 25\text{cm}$ ,  $i$  = injakan dengan  $25\text{m} < i < 40\text{ cm}$  dan maksimal sudut tangga  $40^\circ$ .

### **2.6.2.2 Pembebanan pada Tangga**

#### **a. Pembebanan pada anak Tangga :**

- ✓ Beban Mati menurut PPIUG 1987 pasal 2.1.1
  1. Berat sendiri
  2. Spesi
  3. Berat railing
  4. Keramik
- ✓ Beban Hidup  $300\text{ kg/m}^2$  menurut PPIUG 1987 pasal 2.1.2

#### **b. Pembebanan pada bordes**

- ✓ Beban Mati menurut PPIUG 1987 pasal 2.1.1

1. Berat sendiri

2. Spesi

3. Keramik

- ✓ Beban Hidup  $300\text{ kg/m}^2$  menurut PPIUG 1987 pasal 2.1.2

### **2.6.2.3 Perhitungan Penulangan Tangga**

Dalam perhitungan penulangan tangga khususnya untuk pelat tangga dan bordes menggunakan metode perhitungan penulangan seperti pada perhitungan penulangan pelat lantai.



### 2.6.3 Perencanaan Balok

#### 2.6.3.1 Perencanaan Dimensi Balok

Diatur dalam **tabel 9.5.a SNI 2847-2013**

*Tabel 11 Dimensi Balok*

Komponen struktur	Tebal minimum , h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok atau plat rusuk satu arah	l/16	l/18,5	l/21	l/18
<p>Catatan : panjang bentang dalam mm, nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :</p> <p>a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>. Nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003 w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.</p>				

- Untuk nilai dimensi (h) pada balok dapat ditentukan sebagai berikut

1. Dimensi h pada balok induk

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika  $f_y$  selain 420 Mpa

2. Dimensi h pada balok anak  

$$H \geq \frac{1}{21} \times l \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$
 Jika  $fy$  selain 420 Mpa
3. Dimensi h pada balok kantilever  

$$H \geq \frac{1}{8} \times l \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$
 Jika  $fy$  selain 420 Mpa

### 2.6.3.2 Gaya Dalam Balok

- Momen positif (momen lapangan)  
**SNI 2847-2013 pasal 8.3.3**
- Momen negative (momen tumpuan)  
**SNI 2847-2013 pasal 8.3.4**

### 2.6.3.3 Penulangan Balok

#### A. Penulangan Lentur

1.  $\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$   
**SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1**
2.  $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f'c'}{fy} \left( \frac{600}{600 + fy} \right)$   
**SNI-03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2**
3.  $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$   
**SNI-03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3**
4.  $m = \frac{fy}{0,85 \times f'c'}$   
**Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a**
5.  $\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right)$   
**Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a**
6. Apabila  $\rho_{perlu} \geq \rho_{max}$   
 Maka :
  1. Dimensi balok diperbesar
  2. Penggunaan tulangan rangkap.
7. Periksa Kebutuhan tulangan rangkap  
 Jika  $(M_n - M_{nc}) > 0$ , maka perlu tulangan rangkap :

$$C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$f_s' = \left( \frac{x - d''}{x} \right) \cdot 600$$

Jika  $f_s' > f_y$ , maka tulangan tekan leleh

( $f_s' = f_y$ )

Jika  $f_s' < f_y$ , maka tulangan tekan tidak leleh

Maka :

$$A_{ss} = T_2 / f_y$$

$$A_s' = \frac{C_s}{f_s' - 0,85 \cdot f_c}$$

Tulangan perlu :

$$A_s' = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = A_s'$$

#### 8. Kapasitas Penulangan Lentur untuk Desain Balok SRPMM

1. Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar dari  $\frac{1}{3}$  kuat lentur negative.
2. Kuat lentur positif dan negative pada irisan penampang balok disepanjang bentang harus lebih besar dari  $\frac{1}{5}$  kuat lentur maksimum pada kedua ujung balok.

***SNI-03-2847-2013 pasal 21.3.4***

#### **B. Penulangan Geser**

Berdasar **SNI 2847-2013 pasal 11**

- $\phi V_n \geq V_u$

**SNI 2847-2013 pasal 11.1.1**

- $V_n = V_c + V_s$

**SNI 2847-2013 pasal 11.1.1**

- Nilai  $V_c$  (pasal 11.2)

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} \text{ bw } d$$

**SNI 2847-2013 pasal 11.2.1**

- Nilai  $V_s$

$$V_s = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \text{ bw } d$$

**SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3**

$$V_s \leq 0,66 \lambda \sqrt{f'c'} bw d$$

**SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9**

1. Spasi tulangan geser balok

$$S \leq \frac{d}{2}$$

$$S \leq 0,75 h$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

2. Tulangan geser minimum pada balok

$$A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{f'c'} \frac{bw S}{f_{yt}}$$

$$A_v \text{ min} \geq \frac{0,35 bw S}{f_{yt}}$$

- Syarat penulangan geser balok

- a) Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

- b) Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ (tulangan geser minimum)}$$

$$A_v(\text{min}) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

- c) Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_s \text{ min})$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\text{min}) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

- d) Kondisi 4 (perlu tulangan geser )

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} bw d)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

- e) Kondisi 5 (perlu tulangan geser )

$$\phi(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} bw d) < V_u \leq \phi(V_c +$$

$$\frac{2}{3} \sqrt{f'c'} bw d)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$S \leq \frac{d}{4} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

f) Kondisi 6

$$V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b w d$$

(perbesar penampang)

3. Kapasitas penulangan geser balok SRPMM

1. Panjang sengkang  $\geq 2h$

**SNI 2847-2013 pasal 21.3.4**

2. Jarak sengkang pertama dari muka balok

$$S \leq 50 \text{ mm}$$

3. Spasi sengkang

➤  $d/4$

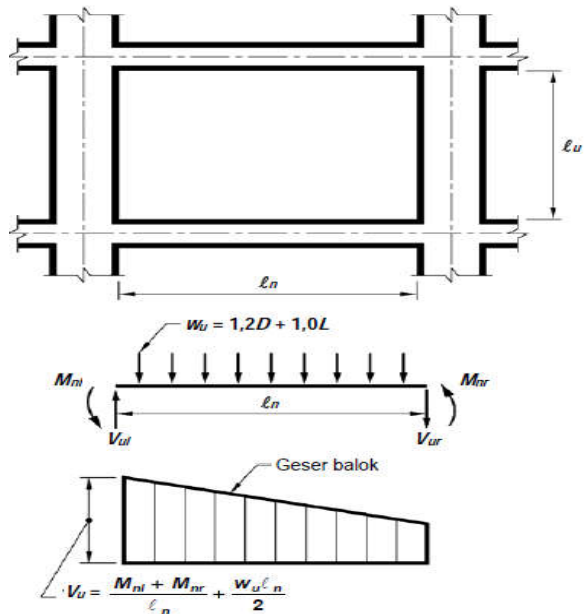
➤ 8 diameter tulangan longitudinal terkecil

➤ 24 diameter sengkang

➤ 300 mm

➤  $d/2$

**SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.2**



Gambar 5 Persyaratan Geser SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{\ell_n} + \frac{W_u \ell_n}{2}$$

### C. Penulangan Torsi Balok

#### SNI 2847-2013 pasal 11.5

1. Kondisi bila tulangan torsi diabaikan apabila momen torsi terfaktor kurang dari

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

#### SNI2847-2013 pasal 11.5.1

2. Mencari nilai  $T_u$  maksimum

$$\phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

3. Apabila nilai  $T_u >$  torsi terkecil

Maka :

$$\phi T_n \geq T_u$$

#### SNI2847-2013 pasal 11.5.3.5

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \phi$$

**SNI2847-2013 pasal 11.5.3.6**

4. Kondisi apabila tulangan torsi minimum

**SNI2847-2013 pasal 11.5.5**

$$A_v + 2A_t = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

$$A_v \min \geq \frac{0,35 b_w s}{f_{yt}}$$

$$A_l \min = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

5. Spasi tulangan torsi

**SNI 2847-2013 pasal 11.5.6**

- a) Spasi tulangan torsi transversal

**SNI 2847-2013 pasal 11.5.6.1**

$$S \leq \frac{p_h}{8}$$

- b) Spasi tulangan torsi transversal

**SNI 2847-2013 pasal 11.5.6.1**

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

- c) Spasi tulangan torsi longitudinal

**SNI 2847-2013 pasal 11.5.6.2**

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

- d) Jumlah minimum dan diameter tulangan longitudinal

**SNI 2847-2013 pasal 11.5.6.2**

Tulangan longitudinal untuk torsi distribusi di sekeliling perimeter sengkang dengan

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

Pada setiap sudut sengkang minimum ada satu tulangan longitudinal dengan diameter tulangan longitudinal adalah

$$D \text{ tulangan longitudinal} \geq 10 \text{ mm}$$

#### **D. Panjang Penyaluran**

Panjang penyaluran tulangan balok berdasarkan SNI 2847-2013

- Penyaluran tulangan momen positif  
**SNI 2847-2013 pasal 12.11**

Paling sedikit sepertiga tulangan momen positif pada komponen struktur sederhana, dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus harus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama ke dalam tumpuan.

Pada balok, tulangan tersebut harus diteruskan ke dalam tumpuan paling sedikit 150 mm.

- Penyaluran tulangan momen negatif  
**SNI 2847-2013 pasal 12.12**

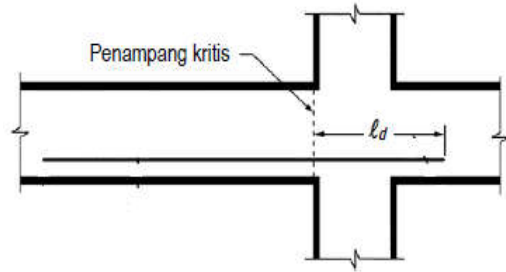
Paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai panjang penanaman melewati titik belok tidak kurang dari:

- D
- 12 db
- $L_n / 16$

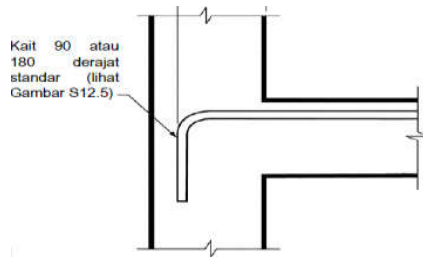


## E. Gambar Ilustrasi Panjang Penyaluran

### 1. Penyaluran tulangan momen positif



*Gambar 6 Penyaluran Tulangan Balok Area Lapangan*



(a) Pengangkuran ke dalam kolom eksterior

*Gambar 7 Penyaluran Tulangan Balok Area Tumpuan*

## 2.6.4 Perencanaan Kolom

### 2.6.4.1 *Perencanaan dimensi kolom*

$$EI_{\text{Kolom}} = EI_{\text{Balok}}$$

$$\frac{I_{\text{Kolom}}}{L_{\text{Kolom}}} = \frac{I_{\text{Balok}}}{L_{\text{Balok}}}$$

### 2.6.4.2 *Penulangan lentur kolom*

#### 1. Jenis Kolom

Digolongkan termasuk ke dalam braced atau unbraced

#### **SNI 2847-2013 pasal 10.10.5**

$$Q = \frac{\sum Pu \Delta o}{V_{us} l_c} \leq 5 \%$$

- Apabila  $Q \leq 5 \%$  Kolom tidak bergoyang
- Apabila  $Q \geq 5 \%$  Kolom bergoyang

#### 2. Hitung faktor kekakuan (EI) kolom

- Pasal 10.10.6.1 SNI 2847-2013

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Dimana :

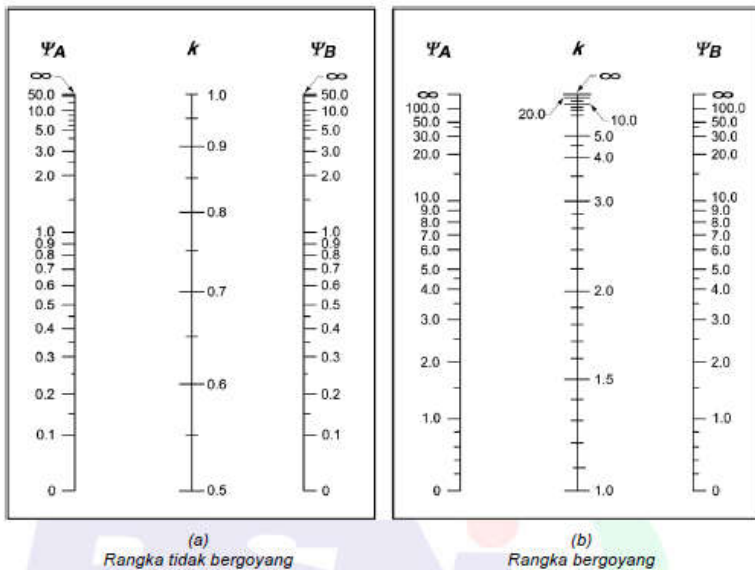
$$E_c = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$\beta_{dns} = \frac{P_{\text{aksial mati terfaktor}}}{P_{\text{aksial terfaktor maksimum}}}$$

#### 3. Hitung faktor kekangan ujung ( $\Psi$ )

Lihat gambar grafik faktor kekangan ujung ( $\Psi$ )

- Grafik faktor kekangan ujung :



$\Psi$  = adalah rasio  $\Sigma(EI/l_c)$  komponen struktur tekan terhadap  $\Sigma(EI/l)$  komponen struktur lentur dalam suatu bidang di salah satu ujung komponen struktur tekan

$l$  = panjang bentang komponen struktur lentur yang diukur pusat ke pusat pertemuan (joint)

Gambar 8 Faktor kekangan ujung ( $\Psi$ )

#### 4. Faktor nilai K

- Kolom tidak bergoyang ,  $K = 1$   
**SNI 2847-2013 pasal 10.10.6.3**
- Kolom bergoyang ,  $K \geq 1$   
**SNI 2847-2013 pasal 10.10.7.2**

#### 5 Kontrol kelangsingan

Untuk mengetahui tergolong kolom langsing atau pendek

- Kolom pendek braced  
$$\frac{k Lu}{r} \leq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} \leq 40$$

**SNI 2847-2013 pasal 10.10.1.b**

Dimana :  $M_1$  = momen ujung terkecil

$M_2$  = momen ujung terbesar

- Kolom langsing braced

$$\frac{k Lu}{r} \geq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2}$$

- Kolom pendek unbraced

$$\frac{k Lu}{r} \leq 22$$

**SNI 2847-2013 pasal 10.10.1.a**

- Kolom langsing unbraced

$$\frac{k Lu}{r} \geq 22$$

6 Nilai  $C_m$ **SNI 2847-2013 pasal 10.10.6.4**

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4$$

$$C_m = 1,0$$

## 7 Faktor Permbesaran Momen

- Tidak bergoyang

**SNI 2847-2013 pasal 10.10.6**

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{k lu^2}$$

- Bergoyang  
**SNI 2847-2013 pasal 10.10.7.3 dan pasal 10.10.7.4**

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1$$

$$\delta S = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu}{0,75 \Sigma Pc}} \geq 1$$

$$\Sigma Pc = \Sigma \frac{\pi^2 EI}{k l u^2}$$

Dimana :

$\Sigma Pu$  = semua beban vertical terfaktor.

#### 8 Momen-Momen pada Kolom

- Tidak bergoyang

$$Mc = \delta ns M2$$

- Bergoyang

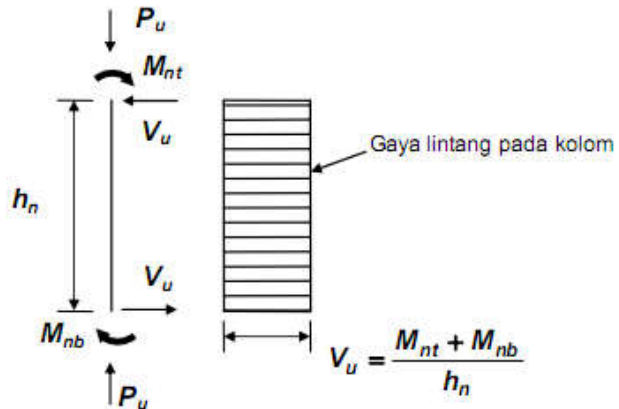
$$M1 = M1 ns + \delta s M1s$$

$$M2 = M2 ns + \delta s M2s$$

#### 9 Analisa/design penampang kolom berdasar Pu dan M di atas.

### 2.6.4.3 Penulangan Geser Kolom

1. Persyaratan geser kolom untuk SRPMM  
SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2



Gambar 9 Geser Kolom

Geser Desain Kolom untuk Rangka Momen Menengah

- Spasi **So** tidak boleh melebihi nilai yang terkecil di bawah ini :
  - a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
  - b) 24 kali diameter tulangan sengkang
  - c) Setengah dimensi penampang kolom terkecil
  - d) 300 mm
  - e) Sengkang ikat pertama ditempatkan tidak lebih dari **So/2** dari muka HBK (hubungan balok dan kolom).
- Panjang **Io** tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar di bawah ini
  - a) Seperenam bentang bersih kolom
  - b) Dimensi penampang maksimum kolom
  - c) 450 mm.

- Tulangan tansversal harus disediakan di sepanjang bentang kolom jika,  $P_u$  terfaktor akibat pengaruh gempa  $> A_g \cdot f_c' / 10$
- Jika  $P_u$  terfaktor akibat pengaruh gempa  $< A_g \cdot f_c' / 10$ , maka di sepanjang daerah lapangan kolom cukup diberi pengikat minimal yaitu D10 (untuk tulangan longitudinal  $\leq D32$ ) persyaratan berikut sesuai SNI 2847-2013 Pasal 7.10.5.1

Dengan spasi minimal tidak boleh melebihi :

- a) 16 db tulangan longitudinal
- b) 48 db tulangan transversal

#### **2.6.4.4 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom**

Diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 12.17

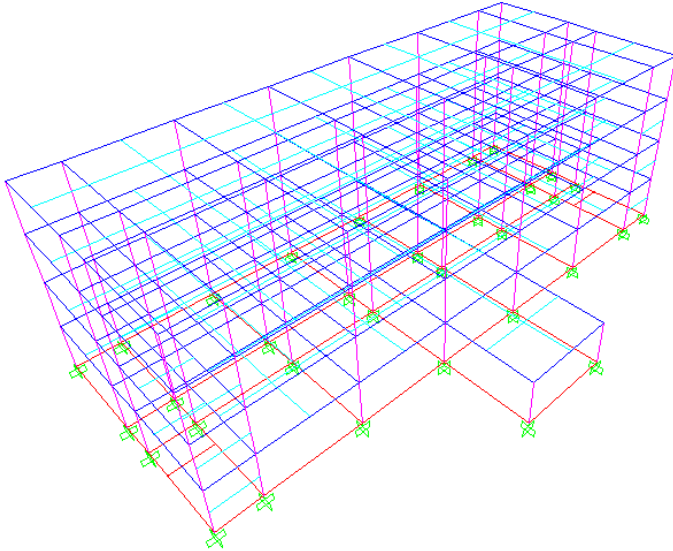
Penyaluran tulangan kolom

- 1) Tulangan kondisi tarik (SNI 2847-2013 pasal 12.2.2)
- 2) Tulangan kondisi tekan (SNI 2847 2013 pasal 12.3)

\*Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB III ANALISA PERENCANAAN



*Gambar 10 Permodelan SAP*

### 3.1. Perencanaan Dimensi

#### 3.1.1 Struktur Primer

Perencanaan dimensi struktur primer pada bangunan Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya adalah sebagai berikut :

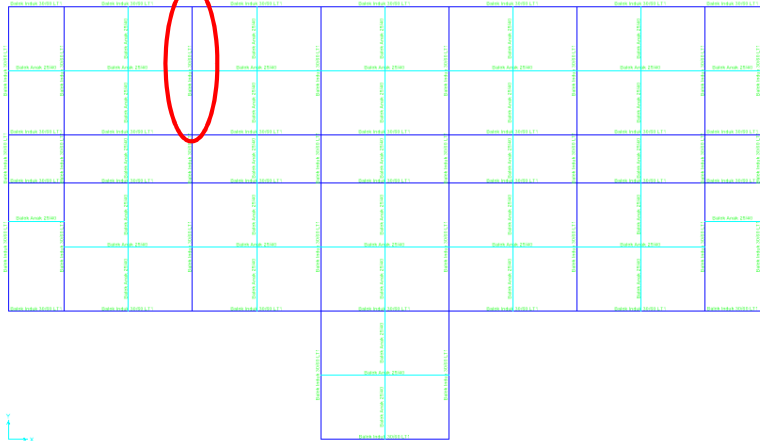
##### A. Balok

##### ➤ Balok Induk Melintang

Data perencanaan :

- Tipe balok : BI MEL
- As Balok : 3 (C-D)
- Bentang balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 800 cm
- Kuat leleh ( $f_y$ ) : 400 Mpa

Gambar perencanaan



Gambar 11 Balok induk melintang yang ditinjau

$$h \geq \frac{1}{14}L$$

$$b \geq \frac{1}{2}h$$

$$h \geq \frac{1}{14} 800 \text{ cm}$$

$$b \geq \frac{1}{2} 60 \text{ cm}$$

$$h \geq 57,1 \text{ cm}$$

$$b \geq 30 \text{ cm}$$

$$h \geq 60 \text{ cm}$$

$$b \geq 30 \text{ cm}$$

Perhitungan perencanaan :

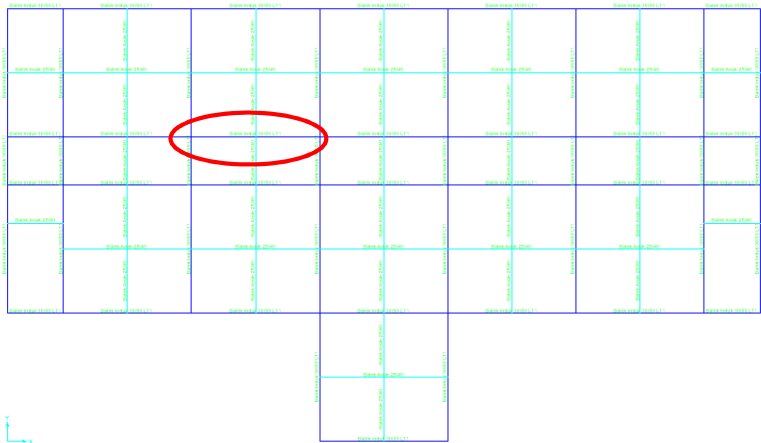
Maka direncanakan dimensi Balok Induk dengan ukuran 30/60

➤ Balok Induk Memanjang

Data perencanaan :

- Tipe balok : BI MEM
- As Balok : 3 (C-D)
- Bentang balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 800 cm
- Kuat leleh ( $f_y$ ) : 400 Mpa

Gambar perencanaan



Gambar 12 Balok induk memanjang yang ditinjau

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{14}L$$

$$h \geq \frac{1}{14} 800 \text{ cm}$$

$$h \geq 57,1 \text{ cm}$$

$$h \geq 60 \text{ cm}$$

$$b \geq \frac{1}{2}h$$

$$b \geq \frac{1}{2} 60 \text{ cm}$$

$$b \geq 30 \text{ cm}$$

$$b \geq 30 \text{ cm}$$

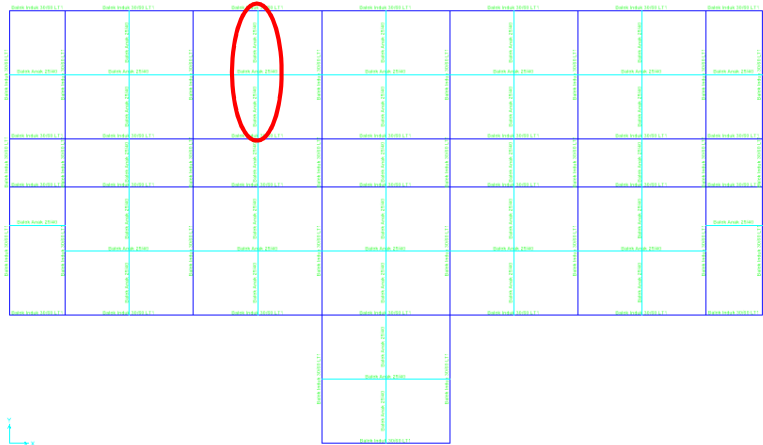
Maka direncanakan dimensi Balok Induk dengan ukuran 30/60

➤ Balok Anak

Data perencanaan :

- Tipe balok : BA
- As Balok : 3-4 (C-D)
- Bentang balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 800 cm
- Kuat leleh ( $f_y$ ) : 400 Mpa

Gambar perencanaan



Gambar 13 Balok anak yang ditinjau

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{21}L$$

$$h \geq \frac{1}{21} 800 \text{ cm}$$

$$h \geq 38 \text{ cm}$$

$$h \geq 40 \text{ cm}$$

$$b \geq \frac{2}{3}h$$

$$b \geq \frac{2}{3} 40 \text{ cm}$$

$$b \geq 25 \text{ cm}$$

$$b \geq 25 \text{ cm}$$

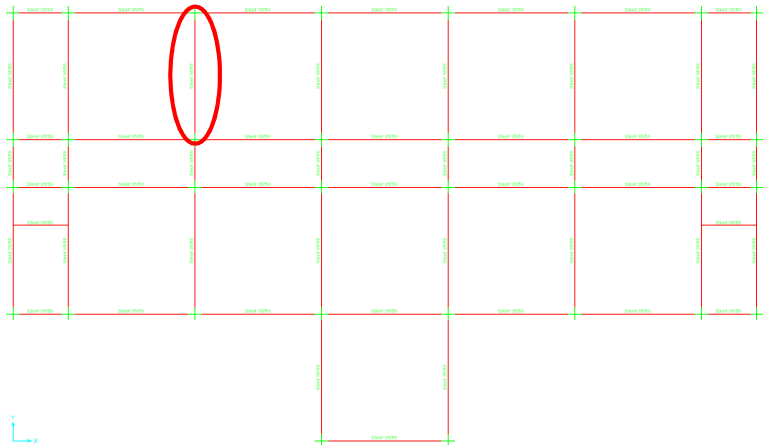
Maka direncanakan dimensi Balok Anak dengan ukuran 25/40

➤ Sloof

Data perencanaan :

- Tipe balok : S
- As Balok : 3 (C-D)
- Bentang balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 800 cm
- Kuat leleh ( $f_y$ ) : 400 Mpa

Gambar perencanaan



Gambar 14 Balok sloof yang ditinjau

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{16}L$$

$$h \geq \frac{1}{16} 620 \text{ cm}$$

$$h \geq 50 \text{ cm}$$

$$h \geq 55 \text{ cm}$$

$$b \geq \frac{2}{3}h$$

$$b \geq \frac{2}{3} 50 \text{ cm}$$

$$b \geq 33.33333 \text{ cm}$$

$$b \geq 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Sloof dengan ukuran 35/55

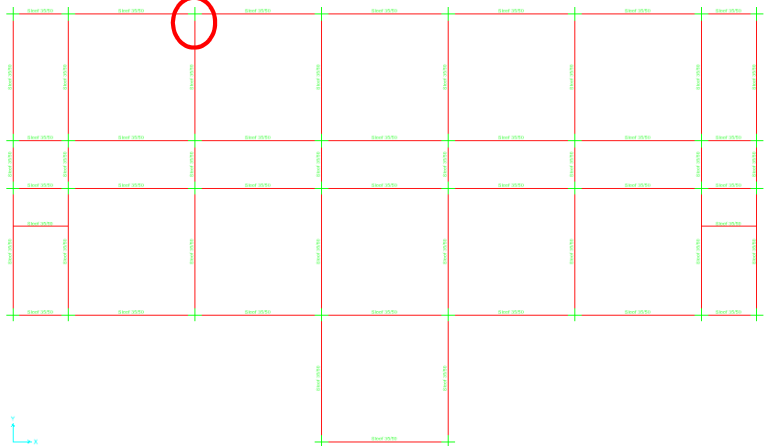
## B. KOLOM

### ➤ Kolom

Berikut merupakan data-data yang digunakan untuk merencanakan dimensi kolom lantai 1:

- Tipe kolom : K
- Kuat Leleh ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tinggi kolom : 400 cm
- Bentang balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 800 cm
- Dimensi balok ( $b_{\text{balok}}$ ) : 30 cm
- Dimensi balok ( $h_{\text{balok}}$ ) : 60 cm

Gambar perencanaan



Gambar 15 Kolom yang ditinjau

Perhitungan perencanaan

Ketentuan Perencanaan :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{l_{\text{balok}}}$$

Direncanakan kolom  $b=h$

$$\frac{\frac{1}{12}h^4}{400\text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12}30\text{ cm} \times 60\text{ cm}^3}{800\text{ cm}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}bh^3}{400\text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12}bh^3}{800\text{ cm}}$$

$$h \geq 42,43\text{ cm}$$

$$h \geq 50\text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom untuk lantai 1 adalah dengan ukuran 50/50

### **Kesimpulan :**

Dari hasil perhitungan perencanaan dimensi struktur primer adalah sebagai berikut :

#### **A. Balok**

1. Balok Induk Memanjang : 30/60
2. Balok Induk Melintang : 30/60
3. Balok anak : 25/40
4. Balok Sloof : 35/55

#### **B. Kolom**

1. Kolom : 50/50

### 3.1.2 Perencanaan Dimensi Struktur Sekunder

Perencanaan dimensi struktur sekunder pada bangunan Laboraturium dari data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

#### A. Pelat

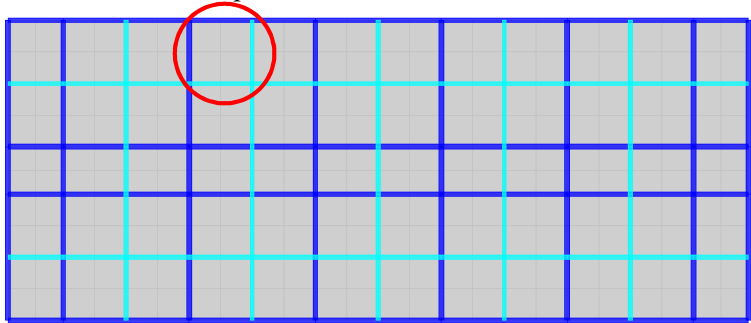
Berikut merupakan data-data yang digunakan untuk merencanakan dimensi pelat lantai :

- Tipe pelat : P1
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang ( $L_y$ ) : 400 cm
- Bentang pelat sumbu pendek ( $L_x$ ) : 400 cm

Balok yang ditumpu pelat adalah:

- Balok BI : 30/60
- Balok BA : 25/40

Gambar perencanaan



*Gambar 16 Pelat yang ditinjau*

Perhitungan perencanaan :

a. Bentang bersih pelat sumbu panjang

- $L_y$  : 400 cm
- $bw_1$  balok induk : 30 cm
- $bw_2$  balok anak : 25 cm
- $Ln = L_y - \left( \frac{bw_1}{2} - \frac{bw_2}{2} \right)$



$$Ln = 400 \text{ cm} - \left( \frac{30 \text{ cm}}{2} - \frac{25 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$Ln = 397,5 \text{ cm}$$

b. Bentang bersih pelat sumbu pendek

- $Ly$  : 400 cm
- $bw3$  balok induk : 30 cm
- $bw4$  balok anak : 25 cm

$$Sn = Ly - \left( \frac{bw3}{2} - \frac{bw4}{2} \right)$$

$$Sn = 400 \text{ cm} - \left( \frac{30 \text{ cm}}{2} - \frac{25 \text{ cm}}{2} \right)$$

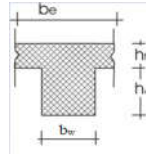
$$Sn = 397,5 \text{ cm}$$

c. Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek :

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = 1 < 2 \text{ (two way slab)}$$

d. Tinjau balok yang ditumpu

- Balok Induk Sisi Atas (BI 30/60)



(SNI 03-2847-2013 psl. 13.2.4)

$$be = bw + 8hf$$

$$be = 30 \text{ cm} + (8 \times 12 \text{ cm}) = 126 \text{ cm}$$

$$be = bw + 2hw$$

$$be = 30 \text{ cm} + (2 \times (60 - 12) \text{ cm})$$

$$be = 126 \text{ cm}$$

Pilih nilai terkecil dari  $be$ , sehingga nilai

$$be = 126 \text{ cm}$$

Faktor modifikasi **(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES G.SALMON 16.4.2.b)**

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{h}\right) + 4 \left(\frac{hf}{h}\right)^2\right] + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2\right] + \left(\frac{126}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right)^3}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$K = 1.775$$

Momen inersia penampang -T

$$I_b = k x \frac{1}{12} x bw x \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,775 x \frac{1}{12} x 30 x \left(\frac{60}{12}\right)^3$$

$$I_b = 958428,88 \text{ cm}^4$$

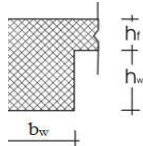
Momen inersia pelat

$$I_p = bp x \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 57600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 16,639$$

- Balok Anak sisi bawah (BA 25/40)



(SNI 03-2847-2013 psl. 13.2.4)

$$be = bw + 4hf$$

$$be = 25 \text{ cm} + (4 x 12 \text{ cm}) = 78 \text{ cm}$$

$$be = bw + 2hw$$

$$be = 25 \text{ cm} + 2(40 \text{ cm} - 12 \text{ cm})$$

$$be = 86 \text{ cm}$$

Pilih nilai terkecil dari  $b_e$ , sehingga nilai

$b_e = 86 \text{ cm}$

Faktor modifikasi **(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES G.SALMON 16.4.2.b)**

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2\right] + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{86}{25} - 1\right) x \left(\frac{12}{45}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2\right] + \left(\frac{86}{25} - 1\right) x \left(\frac{12}{45}\right)^3}{1 + \left(\frac{86}{25} - 1\right) x \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$K = 1,82$$

Momen inersia penampang - L

$$I_b = k x \frac{1}{12} x b_w x \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,82 x \frac{1}{12} x b_w x \left(\frac{45}{12}\right)^3$$

$$I_b = 276071.55 \text{ cm}^4$$

Momen inersia pelat

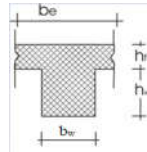
$$I_p = b_p x \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5 (400) x \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 29880 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 9,585$$

- Balok Induk Sisi Kiri (BI 30/60)



(SNI 03-2847-2013 psl. 13.2.4)

$$be = bw + 8hf$$

$$be = 30 \text{ cm} + (8 \times 12 \text{ cm}) = 126 \text{ cm}$$

$$be = bw + 2hw$$

$$be = 30 \text{ cm} + (2 \times (60 - 12) \text{ cm})$$

$$be = 126 \text{ cm}$$

Pilih nilai terkecil dari be, sehingga nilai

$$be = 126 \text{ cm}$$

Faktor modifikasi **(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES G.SALMON 16.4.2.b)**

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{h}\right) + 4 \left(\frac{hf}{h}\right)^2\right] + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2\right] + \left(\frac{126}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right)^3}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$K = 1.775$$

Momen inersia penampang -T

$$I_b = k x \frac{1}{12} x bw x \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,775 x \frac{1}{12} x 30 x \left(\frac{60}{12}\right)^3$$

$$I_b = 958428,88 \text{ cm}^4$$

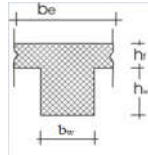
Momen inersia pelat

$$I_p = bp x \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 57600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 16,639$$

- Balok Anak sisi kanan (BA 25/40)



(SNI 03-2847-2013 psl. 13.2.4)

$$be = bw + 4hf$$

$$be = 25 \text{ cm} + (4 \times 12 \text{ cm}) = 78 \text{ cm}$$

$$be = bw + 2hw$$

$$be = 25 \text{ cm} + 2(40 \text{ cm} - 12 \text{ cm})$$

$$be = 86 \text{ cm}$$

Pilih nilai terkecil dari be, sehingga nilai

$$be = 86 \text{ cm}$$

Faktor modifikasi **(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES G.SALMON 16.4.2.b)**

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{hf}{h}\right) + 4\left(\frac{hf}{h}\right)^2\right] + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{86}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{45}\right) + 4\left(\frac{12}{45}\right)^2\right] + \left(\frac{86}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)^3}{1 + \left(\frac{86}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$K = 1,82$$

Momen inersia penampang -T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times bw \times \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,65 \times \frac{1}{12} \times bw \times \left(\frac{40}{12}\right)^3$$

$$I_b = 276071,55 \text{ cm}^4$$

Momen inersia pelat

$$I_p = bp \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0.5 (400) x \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 28800 cm^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 9,58582$$

- e. Menghitung nilai  $\alpha m$  dari rata-rata nilai  $\alpha$  pada keempat balok

$$\alpha m = \frac{16,639 + 16,639 + 9,586 + 9,586}{4}$$

$$\alpha m = 13,113 > 1,875 \text{ Terjepit penuh}$$

- f. Menentukan tebal pelat

$$t = In x \left( \frac{0.8 + \frac{fy}{1500}}{36 + 9\beta} \right) \geq 90 \text{ mm}$$

$$t = 397,5 x \left( \frac{0.8 + \frac{400}{1500}}{36 + (9x1,75)} \right) \geq 90 \text{ mm}$$

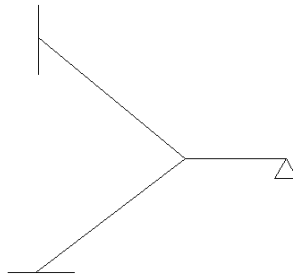
$$t = 94 \geq 90 \text{ mm}$$

Maka digunakan tebal pelat 120 mm

## B. Tangga

Data Perencanaan:

- Perletakan = jepit | sendi | jepit
- Pembebanan = Beban Mati & Beban Hidup
- Kombinasi =  $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
- Distribusi = (Uniform Shell Load) untuk semua beban DL dan LL



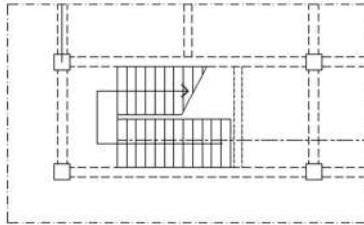
*Gambar 17 Mekanika perencanaan tangga*

Dalam perencanaan gedung Laboratorium UINSA Surabaya hanya terdapat 1 macam tipe tangga, karena elevasi tiap lantai sama. Adapun data-data dan perhitungan tangga dan bordes menurut metode SRPMM adalah sebagai berikut:

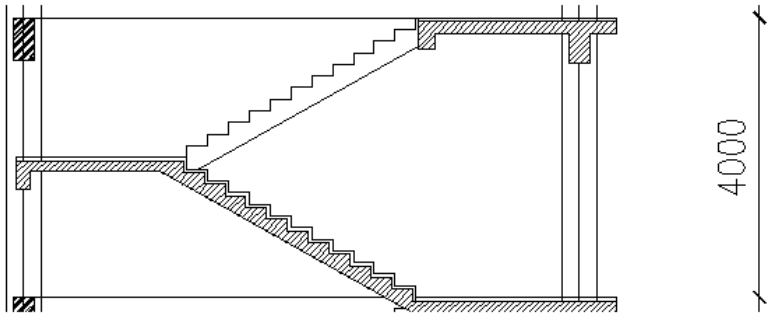
### a. Data perencanaan

Panjang datar tangga	: 360 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
Tinggi plat bordes	: 200 cm
Tebal plat tangga	: 15 cm
Tebal plat bordes	: 15 cm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Tinggi tanjakan (t)	: 16,7 cm

## b. Gambar denah perencanaan



Gambar 18 Denah tangga

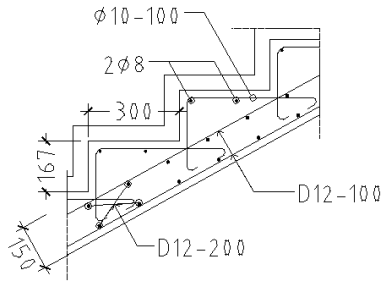
c. Perhitungan Perencanaan  
Panjang miring tangga

Gambar 19 Potongan Tangga

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(360 \text{ cm})^2 + (200 \text{ cm})^2} \\
 &= 299,33 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



### Panjang miring anak tangga



*Gambar 20 Potongan Detail Tangga*

$$AB = 16,7 \text{ cm}$$

$$BC = 30 \text{ cm}$$

$$AC = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (16,7 \text{ cm})^2}$$

$$AC = 34,33 \text{ cm}$$

Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = 29,103$$

Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 29,103^\circ \leq 40^\circ$$

Syarat lebar tanjakan dan tinggi injakan

$$600 \leq 2t + i \leq 650$$

$$600 \leq 63,4 \leq 650$$

Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

$$n_t = 11,97 \sim 12$$

Jumlah injakan

$$n_i = 12 - 1$$

$$n_i = 11$$

Tebal efektif pelat tangga

$$he = \frac{i \times t}{\text{panjang iring anak tangga}}$$

$$he = \frac{30\text{cm} \times 16,7\text{cm}}{34,33\text{cm}}$$

$$he = 14,594 \text{ cm}$$

$$h = \frac{2}{3} \times he$$

$$h = \frac{2}{3} \times 14,594 \text{ cm}$$

$$h = 9,729 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

### 3.2. Analisa Pembebanan

#### 3.2.1 Pembebanan Struktur

##### 3.2.1.1 Pembebanan Pelat

Perhitungan untuk pembebanan struktur sekunder yaitu pelat tidak dimasukkan ke dalam permodelan di Software SAP2000, oleh karena itu harus direncanakan, dibebankan, dan dihitung sendiri pembebanannya.

Pembebanan pelat berdasarkan *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung* (PPIUG1983). Karena pelat merupakan komponen sekunder maka hanya menerima beban mati (Dead Load) dan beban hidup (Live Load) dengan menggunakan kombinasi 1,2DL+1,6LL .

- Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat (12cm)} &= 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat spesi (cm)} &= 1.5 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 31,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat keramik} &= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat plafond \& penggantung} &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Instalasi Pipa Listrik, dll} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{q DL} &= 401,5 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Beban hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1:

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup lantai} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban hidup lantai atap} &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban hujan (atap)} &= 20 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{q LL} &= 370 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

##### 3.2.1.2 Pembebanan Tangga

Tidak jauh berbeda, begitu pula dengan perhitungan untuk pembebanan struktur sekunder yaitu tangga tidak dimasukkan ke dalam permodelan di Software SAP2000, oleh karena itu harus direncanakan, dibebankan, dan dihitung sendiri pembebanannya.

Pembebanan pelat berdasarkan *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*

(PPIUG1983). Karena pelat merupakan komponen sekunder maka hanya menerima beban mati (Dead Load) dan beban hidup (Live Load) dengan menggunakan kombinasi 1,2DL+1,6LL .

✓ Beban pelat anak tangga

- Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1:

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat (15cm)} &= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat anak tangga} &= 0.073 \times 2400 = 175,2 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat keramik} &= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat spesi} &= 1.5 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 31,5 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat pegangan} &= 10 \text{ kg/m}^2 \\ q \text{ DL} &= 600,7 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Beban hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1:

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup tangga} &= 300 \text{ kg/m}^2 \\ q \text{ LL} &= 300 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

✓ Beban pelat bordes

- Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1:

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat (15cm)} &= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat keramik} &= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat spesi} &= 1.5 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 31,5 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat pegangan} &= 10 \text{ kg/m}^2 \\ q \text{ DL} &= 425,5 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Beban hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1:

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup tangga} &= 300 \text{ kg/m}^2 \\ q \text{ LL} &= 300 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### 3.2.1.3 Pembebanan Dinding

Pembebanan dinding tidak dimasukkan dalam permodelan SAP 2000 dimana pembebanan dinding dibebankan / didistribusikan pada komponen yang berada diatas sisi komponen balok. Pembebanan dinding termasuk dalam kategori distribusi beban tetap (Beban Mati).

Dikarenakan beban pada komponen dinding merupakan satuan luas, sedangkan pada komponen balok merupakan beban merata, sehingga beban

harus dikonversikan ke beban balok. Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan PPIUG 1983 yaitu pasangan  $\frac{1}{2}$  batu =  $250 \text{ kg/m}^2$

➤ Tinggi dinding per lantai :

- Lantai dasar ( H1 ) = 4 m
- Lantai 1 ( H2 ) = 4 m
- Lantai 2 ( H3 ) = 4 m
- Lantai 3 ( H4 ) = 4 m

➤ Perhitungan :

- Beban merata H1 =  $H1 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 1000 \text{ kg/m}^2$
- Beban merata H2 =  $H2 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 1000 \text{ kg/m}^2$
- Beban merata H3 =  $H3 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 1000 \text{ kg/m}^2$
- Beban merata H4 =  $H4 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$   
 $= 1000 \text{ kg/m}^2$

\*Catatan : nilai diatas belum termasuk reduksi dinding akibat kusen / kaca,dll

#### 3.2.1.4 Pembebanan Kolom

Beban pada kolom berupa beban angin secara merata vertikal sepanjang kolom berdasarkan PPIUG 1983 sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$  apabila bangunan terletak jauh dari tepi pantai dan  $40 \text{ kg/m}^2$  apabila bangunan terletak sejauh 5 km dari pantai. Beban angin pada kolom diinputkan pada SAP sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$  dikalikan bentang balok yang dipikul oleh



### 3.2.1.5 Pembebanan Gempa

Dalam perhitungan pembebanan gempa bangunan gedung Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya menggunakan besaran gempa dalam skala 500 Tahun dan mengacu pada SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Untuk data tanah digunakan data SPT yang didapat dari Laboratorium Uji Tanah Program Studi Diploma Teknik Sipil dengan data tanah Pamekasan dengan nilai sebagai berikut :

*Tabel 12 Nilai SPT Tanah*

Lapisan ke- i	Tebal Lapisan	Jenis Tanah	Nilai N-SPT	N-SPT Rata-rata
1	6	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil	101	50,5
2	4	Pasir Berkerikil Berlempung Berlanau	95	47,5
3	12	Lempung Berlanau Berpasir	322	53,67
4	3	Pasir Berkerikil Berlempung Berlanau	60	60
5	5	Pasir Berkerikil Berlempung Berlanau	172	57,3

1. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT diatas kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata – rata ( $\bar{N}_{SPT}$ ) sesuai SNI 1726-2012.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}}$$

$$\bar{N} = 53,2071$$

2. Dari nilai  $\bar{N}_{SPT}$  diatas dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

*Tabel 13 Klasifikasi Situs*

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> </ol>		



	3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{s}_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul>

*Catatan : N/A = tidak dapat dipakai*

Sehingga berdasarkan tabel diatas dan hasil nilai N SPT rata –rata maka tanah termasuk ke dalam kategori Tanah Keras ( SC )

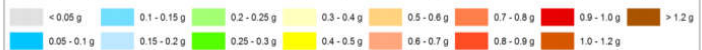
3. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai  $S_s$  dan  $S_1$  berdasarkan PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010 dengan periode ulang 500 tahun.

*Tabel  $S_s$*



**KETERANGAN :**

Respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar  $S_B$  untuk probabilitas terlampaui 10 % dalam 50 tahun (redaman 5%)

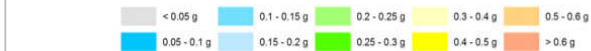


*Gambar 23 Tabel  $S_s$  Peta Hazard Indonesia*



**KETERANGAN :**

Respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar  $S_B$  untuk probabilitas terlampaui 10 % dalam 50 tahun (redaman 5%)



*Gambar 24 Tabel  $S_1$  Peta Hazard Indonesia*

Sehingga dari gambar diatas diperoleh nilai :

$$S_s = 0,4 \quad S_1 = 0,15$$

4. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik ( $F_a$ ) dan Koefisien Situs Periode 1 detik ( $F_v$ ) berdasarkan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

*Tabel 14 Koefisien Situs  $F_a$*

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Tabel 15 Koefisien Situs  $F_v$ 

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,25$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,0$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

Sehingga dari Tabel  $F_a$  &  $F_v$  diatas diperoleh nilai  $F_a$  &  $F_v$  berdasarkan nilai  $S_s$  &  $S_1$  yang telah diperoleh dari peta gempa Indonesia 2010 ndengan menggunakan metode interpolasi apabila nilai  $S_s$  &  $S_1$  tidak tercantum dalam tabel diatas :

$$F_a = 1,2 \qquad F_v = 1,65$$

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik ( $S_{MS}$ ) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{MS} = 0,48$$

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$S_{M1} = 0,2475$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

$$S_{DS} = 0,32$$

8. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

$$S_{D1} = 0,165$$

9. Setelah mendapatkan Nilai SDS, kemudian menentukan KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726-2012.

*Tabel 16 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek*

Nilai <i>SDS</i>	Kategori risiko	
	I / II / III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

*Tabel 17 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik*

Nilai $SDI$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDI \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDI \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

Berdasarkan hasil SDS dan SDI diatas ternyata memenuhi untuk syarat SRPMM yakni masuk ke dalam kategori desain seismik (KDS) C

10. Kemudian menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012.

$$T = C_t \times h_n^x$$

$$h_n = \text{Tinggi bangunan (m)} = 16 \text{ meter}$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$T = C_t \times h_n^x$$

$$T = 0,56506$$

11. Membuat Respon Spektrum Gempa sesuai SNI 1726-2012.

✓ Untuk perioda lebih kecil  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- ✓ Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

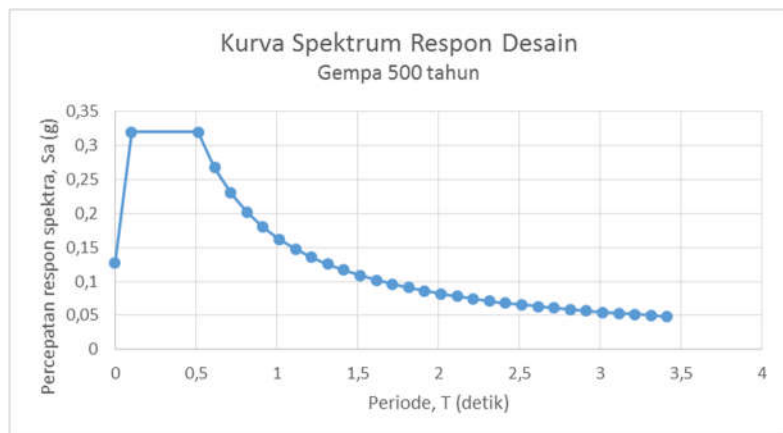
- ✓ Untuk perioda lebih besar  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dari nilai  $T_0$   $T_s$  didapatkan nilai spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) yang nantinya akan menghasilkan grafik. Dengan nilai  $S_a$  pada sumbu y dan nilai  $T$  pada sumbu x

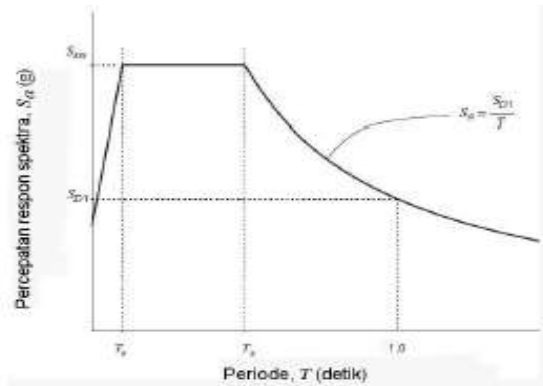
T	T	Sa
(detik)	(detik)	(g)
0	0	0,128
$T_0$	0,10313	0,32
$T_s$	0,51563	0,32
$T_s+0.1$	0,61563	0,2680203
$T_s+0.2$	0,71563	0,2305677
$T_s+0.3$	0,81563	0,2022989
$T_s+0.4$	0,91563	0,1802048
$T_s+0.5$	1,01563	0,1624615
$T_s+0.6$	1,11563	0,1478992
$T_s+0.7$	1,21563	0,1357326
$T_s+0.8$	1,31563	0,1254157
$T_s+0.9$	1,41563	0,1165563
$T_s+0.10$	1,51563	0,108866

T	T	Sa
(detik)	(detik)	(g)
$T_s+0.11$	1,61563	0,1021277
$T_s+0.12$	1,71563	0,0961749
$T_s+0.13$	1,81563	0,0908778
$T_s+0.14$	1,91563	0,0861338
$T_s+0.15$	2,01563	0,0818605
$T_s+0.16$	2,11563	0,0779911
$T_s+0.17$	2,21563	0,0744711
$T_s+0.18$	2,31563	0,0712551
$T_s+0.19$	2,41563	0,0683053
$T_s+0.20$	2,51563	0,0655901
$T_s+0.21$	2,61563	0,0630824
$T_s+0.22$	2,71563	0,0607595
$T_s+0.23$	2,81563	0,0586016
$T_s+0.24$	2,91563	0,0565916
$T_s+0.25$	3,01563	0,054715
$T_s+0.26$	3,11563	0,0529589
$T_s+0.27$	3,21563	0,051312
$T_s+0.28$	3,31563	0,0497644
$T_s+0.29$	3,41563	0,0483074



*Gambar 25 Kurva Spektrum Respon Desain*





Sehingga dari prosedur diatas dapat ditentukan grafik analisis gempa dengan metode respon spektrum yang akan digunakan pada perencanaan gedung Laboraturium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya ini yang nantinya akan diinputkan pada program bantu SAP 2000.

12. Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa ( $I$ ) struktur bangunan sesuai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012) tabel 1

Tabel 18 Kategori resiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan Monumental</li> <li>- <b>Gedung Sekolah dan Fasilitas Pendidikan</b></li> <li>- Rumah Sakit dengan fasilitas bedah dan UGD</li> <li>- Pusat pembangkit energi</li> <li>- Tempat perlindungan gempa bumi, badai, dll</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat</li> </ul>	<b>IV</b>

Tabel 19 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa ( <i>I</i> )
<b>IV</b>	<b>1,50</b>

13. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon ( $R$ ) sesuai SNI 1726-2012.

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, $R$	Faktor Kuat - lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m)					
				Kategori Desain Seismik					
				B	C	D	E	F	
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	T B	T B	T I	T I	T I	









LANTAI ATAP							
FRAME	DIMENSI	BENTANG	JUMLAH	TEBAL	TINGGI	BJ	BERAT
BEBAN MATI							
kolom	0,5	2	32			2400	38400
	0,5						
balok ind	0,3	3	8			2400	10368
	0,6	3,5	8				12096
		8	39				134784
balok ana	0,25	3	5			2400	3600
	0,4	3,5	2				1680
		8	22				42240
plat lantai	10,5		2	0,12		2400	6048
	28		4	0,12			32256
	24		5	0,12			34560
	64		10	0,12			184320
aspal	893					42	37506
plafon	893					18	16074
listrik	893					40	35720
dinding		252			2	166,6667	84000
						DL=	673652 kg
BEBAN HIDUP							
pekerja	893					100	89300
hujan	893					20	17860
						LL=	107160 kg
						Watap=	979838,4 kg
						WTOTAL=	5340541 kg
							5340,541 Ton

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s = 0,096$$

Cs tidak boleh kurang dari 0,044 Sds x Ie= 0,02112

Cs tidak lebih dari Sd1/(T(R/Ie)) = 0,07689

Sehingga, Cs yang diambil adalah 0,07689



$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \times W$$

$$V = 410632 \text{ kg}$$

15. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V$$

Tingkat	hx (m)	Fx (kg)	30% Fx (kg)	Fy (kg)	30% Fy (kg)
Dasar	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0
1	4	<b>43474</b>	13042,1815	<b>43474</b>	13042,181
2	8	<b>89908</b>	26972,3567	<b>89908</b>	26972,357
3	8	<b>136586</b>	40975,8118	<b>136586</b>	40975,812
Atap/4	8	<b>140664</b>	42199,2955	<b>140664</b>	42199,295

16. Input ke dalam SAP 2000 gaya geser dasar seismik per lantai

\*Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Penulangan Pelat

#### 4.1.1 Penulangan Pelat Lantai

Pelat / slab merupakan struktur sekunder dalam suatu bangunan. Pelat biasanya berupa struktur tipis yang dibuat dari susunan antara beton dan tulangan (beton bertulang). Dibandingkan dengan luasannya, ketebalan pelat relatif sangat kecil. Pelat dimana ditempatkan secara horizontal ini merupakan diafragma atau unsur pengaku horizontal suatu gedung. Ada 2 jenis pelat dalam suatu konstruksi yaitu *One Way Slab* dan *Two Way Slab*.

##### 4.1.1.1. Penulangan Pelat Tipe 1 (4m x 4m)

###### a Data perencanaan

Tipe pelat	= P1
Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Selimut beton	= 20 mm

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)**

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi = 0,8$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)**

$$\text{Ø tulangan rencana} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang pelat sumbu panjang } (L_y) = 400 \text{ cm}$$

$$\text{Bentang pelat sumbu pendek } (L_x) = 400 \text{ cm}$$

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400 \text{ cm}}{400 \text{ cm}} = 1 < 2 \text{ (Two Way Slab)}$$

Pada penulangan pelat dua arah pada daerah tumpuan direncanakan tulangan pokok serta tulangan bagi untuk kedua arah bentang dan pada daerah lapangan hanya dihitung tulangan pokok saja untuk kedua arah bentang.

- b Tebal manfaat pelat

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2}\phi$$

$$dx = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 94 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \phi - \frac{1}{2}\phi$$

$$dy = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 82 \text{ mm}$$

- c Nilai momen yang diambil dari output SAP

$$\text{Mtx} : 4461200 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mlx} : 1801600 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mty} : 4461200 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mly} : 1801600 \text{ Nmm}$$

- d Tulangan Arah X

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini :

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} bw \times dx$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} 1000\text{mm} \times 94 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 321,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times bw \times dx}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 329 \text{ mm}^2$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,75 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times$$

$$\rho_{max} = 0.024$$

$$\rho_{min} = 0.0035$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{max} = 0.024 \times 1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 2256 \text{ mm}^2$$

➤ Tulangan tumpuan x

$$M_{tx} = 4461200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{4461200 \text{ Nmm}}{0,8} = 5576500 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{5576500 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm}^2} = 0.6311 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.6311}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0.0045$$

$$A_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$A_{perlu} = 0.0045 x 1000 \text{ mm} x 95 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 421,604 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$321,8 \text{ mm}^2 < 421,604 \text{ mm}^2 <$$

$$2256 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan : } S_{max} \leq 2h$$

$$(SNI 03-2847-2013 \text{ Pasal } 13.3.1)$$

$$S_{max} = 2 x 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 200 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 200$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$565,49 \text{ mm}^2 > 421,604 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

➤ Tulangan lapangan x

$$M_{lx} = 1801600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{1801600 \text{ Nmm}}{0,9} = 2252000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 x f_c'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 x 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$

$$R_n = \frac{M_n}{bw \cdot dx^2}$$

$$R_n = \frac{2252000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}^2} = 0,2549 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m x R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0,2549}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0027$$

$$A_{perlu} = \rho \min x \text{ bw } x \text{ dx}$$

$$A_{perlu} = 0.0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 329 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$332,5 \text{ mm}^2 < 329 \text{ mm}^2 <$$

$$2256 \text{ mm}^2 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena lebih kecil dari  $A_v$  minimum

maka digunakan  $A_v$  minimum

$$\text{Syarat spasi antar tulangan : } S_{max} \leq 2h$$

$$(SNI 03-2847-2013 \text{ Pasal } 13.3.1)$$

$$S_{max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 200 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 200$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$565,49 \text{ mm}^2 > 329 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

e Tulangan Arah y

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini :

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} \text{ bw } x \text{ dy}$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} 1000 \text{ mm} \times 82 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 280,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times \text{bw } x \text{ dy}}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 1000 \text{ mm} \times 82 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 287mm^2$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,75 \times 0,85 \times 30 Mpa}{400 Mpa} \times \left( \frac{600}{600 + 400 Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0.024$$

$$\rho_{min} = 0.0035$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times bw \times dy$$

$$A_{max} = 0.024 \times 1000 mm \times 82 mm$$

$$A_{max} = 1968 mm^2$$

➤ Tulangan tumpuan y

$$M_{ty} = 4461200 Nmm$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{4461200 Nmm}{0,8}$$

$$= 5576500 Nmm$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{400 Mpa}{0,85 \times 30 Mpa} = 15.68627451$$

$$R_n = \frac{M_n}{bw \cdot dy^2}$$

$$R_n = \frac{5576500 Nmm}{1000 mm \cdot 85 mm^2} = 0.83 N/mm^2$$



$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.83}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.00514$$

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times dy$$

$$A_{perlu} = 0.00514 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 421,604 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$280,7 \text{ mm}^2 < 421,604 \text{ mm}^2 <$$

$$1968 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan : } S_{max} \leq 2h$$

$$(SNI 03-2847-2013 \text{ Pasal } 13.3.1)$$

$$S_{max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 200 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 200$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$565,49 > 421,604 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

➤ Tulangan lapangan y

$$Mly = 1801600 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mly}{\phi}$$

$$Mn = \frac{1801600 \text{ Nmm}}{0,8} = 2252000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot dy^2}$$

$$Rn = \frac{2252000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}^2} = 0.334$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.334}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0028$$

$$A_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 287$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$280,7 \text{ mm}^2 < 287 \text{ mm}^2 <$$

$$1968 \text{ mm}^2 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena lebih kecil dari  $A_v$  minimum  
maka digunakan  $A_v$  minimum

$$\text{Syarat spasi antar tulangan : } S_{max} \leq 2h$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)**

$$S_{max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 200 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 10 - 200$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$565,49 > 287 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

f Pemasangan tulangan

Tulangan yang telah direncanakan masing-masing pada ujung kiri dan kanan tumpuan, baik pada arah bentang  $l_x$  maupun  $l_y$  dipasang pada lapis atas dan bawah pelat.

Lebar lajur pemasangan tulangan dikenal dengan lajur kolom dan tengah dimana untuk

tulangan lajur kolom ada penambahan tulangan susut dan untuk luasan dari lajur kolom menurut SNI 2847: 2013 Pasal. 13.2.1 diambil dari yang terkecil dari  $0,25 L_y$  dan  $0,25 L_x$ .

- Bentang panjang panjang  $L_y = 0,25 \times L_y$   
 $L_y = 0,25 \times 415 \text{ mm}$   
 $L_y = 103,75 \text{ mm}$
- Bentang panjang pendek  $L_x = 0,25 \times L_x$   
 $L_x = 0,25 \times 250 \text{ mm}$   
 $L_x = 62,5 \text{ mm}$

## Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai

NO	JENIS PELAT	Ly	Lx	SLAB	TUMPUAN	LAPANGAN
1	TIPE 1	4m	4m	TWO WAY	X Ø12-200 Y Ø12-200	X Ø12-200 Y Ø12-200
2	TIPE 2	4m	3,5m	TWO WAY	X Ø12-200 Y Ø12-200	X Ø12-200 Y Ø12-200
3	TIPE 3	4m	3m	TWO WAY	X Ø12-200 Y Ø12-200	X Ø12-200 Y Ø12-200
4	TIPE 4	3,5m	2,4m	TWO WAY	X Ø12-200 Y Ø12-200	X Ø12-200 Y Ø12-200



#### 4.1.2 Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

##### Beban Pelat Tangga

- Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1:  
 Berat pelat (15cm)  $= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$   
 Berat anak tangga  $= 0.073 \times 2400 = 175,2 \text{ kg/m}^2$   
 Berat keramik  $= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$   
 Berat spesi  $= 1.5 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 31,5 \text{ kg/m}^2$   
 Berat pegangan  $= 10 \text{ kg/m}^2$   
 $q \text{ DL} = 600,7 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1:  
 Beban hidup tangga  $= 300 \text{ kg/m}^2$   
 $q \text{ LL} = 300 \text{ kg/m}^2$   
 $Q_{ultimate} = 1,2D + 1,6L$   
 $= 1,2(600,7) + 1,6(300)$   
 $= 1200,84 \text{ kg/m}^2$

##### Beban Pelat Bordes

- Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1:  
 Berat pelat (15cm)  $= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$   
 Berat keramik  $= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$   
 Berat spesi  $= 1.5 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 31,5 \text{ kg/m}^2$   
 Berat pegangan  $= 10 \text{ kg/m}^2$   
 $q \text{ DL} = 425,5 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1:  
 Beban hidup tangga  $= 300 \text{ kg/m}^2$   
 $q \text{ LL} = 300 \text{ kg/m}^2$   
 $Q_{ultimate} = 1,2D + 1,6L$   
 $= 1,2(425,5) + 1,6(300)$   
 $= 990,6 \text{ kg/m}^2$

#### 4.1.2.1. Perhitungan Penulangan Tangga

##### a Data Perencanaan

Perletakan	= jepit-sendi-jepit
Tebal pelat tangga (h)	= 150 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 Mpa
Mutu baja( $f_y$ )	= 400 Mpa
b	= 1000 mm
Selimut beton	= 20 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi = 0,9$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

$$\emptyset \text{ tulangan lentur} = 12 \text{ mm}$$

##### b Nilai momen yang diperoleh dari output SAP :

$$1. \text{ Momen 1.1 tangga} : 16997600 \text{ Nmm}$$

$$2. \text{ Momen 2.2 tangga} : 34287300 \text{ Nmm}$$

##### c Tebal manfaat pelat

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 114 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 102 \text{ mm}$$

##### d Tulangan Arah x

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini :

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} bw \times dx$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} 1000\text{mm} \times 114 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 390.2523222 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times bw \times dx}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 399 \text{ mm}^2$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times$$

$$\rho_{max} = 0.024$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times bw \times dx$$

$$A_{max} = 0.024 \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 2779.81875 \text{ mm}^2$$

➤ Tulangan tangga arah x

$$M_{11} = 16997600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{11}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{16997600 \text{ Nmm}}{0,9} = 18886222,22 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$



$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot dx^2}$$

$$Rn = \frac{18886222,22 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 114 \text{ mm}^2} = 1.4532 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15.69 \cdot 1.4532}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.00374$$

$$A_{perlu} = \rho \cdot bw \cdot dx$$

$$A_{perlu} = 0.00374 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 114 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 426,698 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$399 \text{ mm}^2 < 426,698 \text{ mm}^2 < 2779.81875 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan : } S_{max} \leq 2h$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)**

$$S_{max} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 200 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 200$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$565,487 \text{ mm}^2 > 426,698 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

## e Tulangan Arah y

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini :

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} b_w \times d_y$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} 1000\text{mm} \times 102 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 349.1731304 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b_w \times d_y}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 1000 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 357\text{mm}^2$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f'c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0.024384375$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times b_w \times d_y$$

$$A_{max} = 0.024384375 \times 1000 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 2487.21 \text{ mm}^2$$

## ➤ Tulangan tangga arah y

$$M22 = 34287300 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mly}{\phi}$$

$$Mn = \frac{34287300 \text{ Nmm}}{0,9} = 38097000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot dy^2}$$

$$Rn = \frac{38097000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 102 \text{ mm}^2} = 3,661 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 3.661}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.00993$$

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times dy$$

$$A_{perlu} = 0.00993 \times 1000 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 1012,59 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$357 \text{ mm}^2 < 1012,59 \text{ mm}^2 <$$

$$2487.21 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan : } S_{max} \leq 2h$$

$$(SNI 03-2847-2013 \text{ Pasal 13.3.1})$$

$$S_{max} = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 100 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 100$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$1130.9733 \text{ mm}^2 > 1012,59 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

#### 4.1.2.2. Perhitungan Penulangan Bordes

##### a Data Perencanaan

Tebal pelat borders (h)	= 150 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
b	= 1000 mm
Selimut beton	= 20 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi = 0,9$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

$$\emptyset \text{ tulangan lentur} = 12 \text{ mm}$$

##### b Nilai momen yang diperoleh dari output SAP :

1. Momen 1.1 bordes : 22345100 Nmm
2. Momen 2.2 bordes : 59628400 Nmm

##### c Tebal manfaat pelat

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 114 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 102 \text{ mm}$$

##### d Tulangan Bordes Arah x

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini :

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w x dx$$

$$\begin{aligned}
 A_{vmin} &= \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} 1000\text{mm} \times 114 \text{ mm} \\
 A_{vmin} &= 390.2523222 \text{ mm}^2 \\
 A_{vmin} &= \frac{1,4 \times bw \times dx}{f_y} \\
 A_{vmin} &= \frac{1,4 \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} \\
 A_{vmin} &= 399 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0,75 \times \rho_b \\
 \rho_b &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \\
 \rho_b &= 0.0325125 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \\
 \rho_{max} &= 0.024 \\
 A_{max} &= \rho_{max} \times bw \times dx \\
 A_{max} &= 0.024 \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm} \\
 A_{max} &= 2779.81875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

➤ Tulangan arah x

$$M_{11} = 27842700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{11}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{22345100 \text{ Nmm}}{0,9} = 27931375 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot dx^2} = \frac{27931375 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 114 \text{ mm}^2} = 2.149 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 2.149}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.00562$$

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$A_{perlu} = 0.00562 \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 640,779 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$399 \text{ mm}^2 < 640,779 \text{ mm}^2 <$$

$$2779.81875 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan: } S_{max} \leq 2h$$

$$(SNI 03-2847-2013 \text{ Pasal } 13.3.1)$$

$$S_{max} = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 150 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 150$$

$$A_{spasang} > A_{perlu}$$

$$753,982 \text{ mm}^2 > 640,779 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

e Tulangan Borders Arah y

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 A_{vmin} &= \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} b_w \times d_y \\
 A_{vmin} &= \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} 1000\text{mm} \times 102 \text{ mm} \\
 A_{vmin} &= 349.1731304 \text{ mm}^2 \\
 A_{vmin} &= \frac{1,4 \times b_w \times d_y}{f_y} \\
 A_{vmin} &= \frac{1,4 \times 1000 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} \\
 A_{vmin} &= 357\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0,75 \times \rho_b \\
 \rho_b &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f'c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \\
 \rho_b &= 0.0325125 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times 0.0325125 \\
 \rho_{max} &= 0.024384375 \\
 A_{max} &= \rho_{max} \times b_w \times d_y \\
 A_{max} &= 0.024384375 \times 1000 \text{ mm} \times 102 \text{ mm} \\
 A_{max} &= 2487.21 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

➤ Tulangan borders arah y

$$M_{22} = 59628400 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{22}}{\phi}$$

$$Mn = \frac{59628400 \text{ Nmm}}{0,9} = 74535500 \text{ mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.68627451$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot dy^2}$$

$$Rn = \frac{74535500 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 102 \text{ mm}^2} = 7.16412 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 7.16412}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.02155$$

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times dy$$

$$A_{perlu} = 0.02155 \times 1000 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 2198,51 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol: } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$357 \text{ mm}^2 < 2198,51 \text{ mm}^2 <$$

$$2487.20625 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan: } S_{max} \leq 2h$$

$$\text{(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)}$$

$$S_{max} = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 50 \text{ mm} < S_{max} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Jadi dipasang } \emptyset 12 - 50$$

$$A_{pasang} > A_{perlu}$$

$$2261,95 \text{ mm}^2 > 2198,51 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$



## 4.2 Perhitungan Penulangan Balok

### 4.2.1 Perhitungan Penulangan Balok Induk Melintang (30/60)

Perhitungan tulangan balok induk memanjang B1 (30/60), dihitung menggunakan ketentuan metode SRPMM dengan hasil output gaya diperoleh dari analisa SAP 2000. Berikut merupakan data perencanaan penulangan balok :

a. Data perencanaan tulangan:

Tipe balok	: BL
Bentang balok (L balok)	: 8000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Bentang kolom (L kolom)	: 4000 mm
Dimensi kolom (b kolom)	: 500 mm
Dimensi kolom (h kolom)	: 500 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ )	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 25 mm
Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ geser)	: 10 mm
Diameter tulangan puntir ( $\emptyset$ puntir)	: 16 mm
Jarak spasi tulangan sejajar	: 25 mm

**[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1]**

Jarak spasi tulangan antar lapis	: 25 mm
----------------------------------	---------

**[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.2]**

Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
---------------------------------	---------

**[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)]**

Faktor $\beta_1$	: 0,85
------------------	--------

**[SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.(3)]**

Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ )	: 0,9
---	-------

**[SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(1)]**

Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	: 0,75
--	--------

Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ )	: 0,75
---	--------

**[SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3)]**



## b. Tebal efektif balok

$d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. lentur}$

$$d = 600 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 25 \text{ mm}\right)$$

$$d = 548 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 600 \text{ mm} - 548 \text{ mm}$$

$$d' = 53 \text{ mm}$$

## c. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Melalui program bantu analisa SAP 2000 diperoleh diagram gaya balok yang ditinjau akibat kombinasi beban yang diinput sehingga dapat digunakan dalam perhitungan penulangan.

Dari hasil analisa balok induk memanjang yang mempunyai nilai momen terbesar adalah pada frame 106 dimana diperoleh dari kombinasi beban 1,2D+1,6L+0,3Ex+1Ey

## Hasil Output SAP

- |                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| 1. Momen Torsi         | : 33917824 Nmm    |
| 2. Momen Tumpuan Kanan | : 336391388 Nmm   |
| 3. Momen Tumpuan Kiri  | : 499057547 Nmm   |
| 4. Momen Lapangan      | : 210772875.5 Nmm |
| 5. Gaya Geser          | : 306354.09 N     |

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2,  $V_u$  diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 mm dari as kolom.

## d. Syarat Gaya Aksial pada Balok

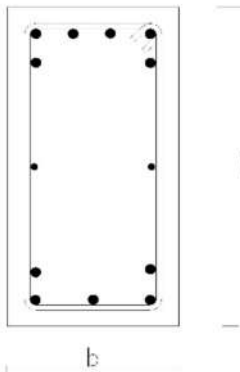
Menurut ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.2 perlu diperhitungkan gaya aksial balok untuk menentukan perhitungan detail tulangan balok. Berikut perhitungan syarat gaya aksial balok :

$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{10}$$

$$= 540000 \text{ N}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,3Ex+1Ey pada komponen struktur sebesar 181799.04 N < 525000 N. Karena nilai gaya tekan aksial terfaktor(Pu) untuk komponen struktur yang lebih kecil dari hasil diatas maka detail penulangan struktur rangka harus memenuhi SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4

- e. Kontrol kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir  
Ukuran penampang balok yang dipakai = 30/60



Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 180000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$= 2 \times (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$

$$= 1800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{dekking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{dekking} - \phi_{geser})$$

$$= (300 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \times (600 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm})$$

$$= 121900 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$P_h = 2 \times \{(b_{balok} - 2 \cdot t_{dekking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{dekking} - \phi_{geser})\}$$

$$= 2 \times \{(300 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) + (600 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm})\}$$

$$= 1520 \text{ mm}$$

#### 4.2.1.1 Perhitungan Penulangan Puntir Balok

- Gaya momen dan geser pada balok yang ditinjau  
Berdasarkan hasil output diagram torsi yang diperoleh dari analisa SAP adalah :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi dibawah ini:

$$1,2D + 1,6L + 0,3Ex + 1Ey$$

$$T_u = 33917824 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{33917824 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$T_n = 452233765 \text{ Nmm}$$

Geser Ultimate

$$V_u = 306354,09 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada :

$$T_{u \text{ min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left( \frac{180000^2}{1800} \right)$$

$$Tu_{\min} = 6137231.3 \text{ Nmm}$$

**SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1.(a)**

$$Tu_{\max} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\max} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left( \frac{180000^2}{1800} \right)$$

$$Tu_{\max} = 24401040 \text{ Nmm}$$

**SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2.(a)**

- Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:  
 $Tu_{\min} > Tu \rightarrow$  tidak memerlukan tulangan puntir  
 $Tu_{\min} < Tu \rightarrow$  memerlukan tulangan puntir  
 $Tu_{\min} < Tu$   
 $6137231.3 \text{ Nmm} < 33917824 \text{ Nmm}$   
 Karena nilai  $Tu$  lebih besar dari  $Tu_{\min}$  maka penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

- Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana:

➤ Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

➤  $A_o = 0,85 \times A_{Oh}$

$$= 0,85 \times 121900 \text{ mm}^2$$

$$= 104834 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{452233765 \text{ Nmm}}{2 \times 104834 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 0.87 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur:

$$Al = \frac{At}{s} Ph \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$Al = 0.87 \text{ mm} \times 1520 \text{ mm} \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cot^2 45$$

$$Al = 506,02 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013  
Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal  
minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{f_{c'}} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{30} \times 180000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$

$$- 0.87 \text{ mm} \times 1520 \text{ mm} \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$Al = 292.42 \text{ mm}^2$$

Dengan persyaratan :

$$\frac{At}{s} > 0,175 \frac{b}{f_{yt}}$$

$$0,87 \text{ mm} > 0,175 \frac{300 \text{ mm}}{400}$$

$$0,34 \text{ mm} > 0,13 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Periksa:

$$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}} \text{ maka gunakan } Al_{\text{min}}$$

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$  maka gunakan  $Al_{\text{perlu}}$   
 $506,02 \text{ mm}^2 \geq 292,42 \text{ mm}^2$

Karena  $Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$  sehingga dipakai tulangan puntir perlu sebesar  $506,02 \text{ mm}^2$

#### Luasan tulangan puntir

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{506,02 \text{ mm}^2}{4} = 126,50 \text{ mm}^2$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang:

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Sehingga masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $126,50 \text{ mm}^2$ , sedangkan untuk sisi kanan dipasang sama dengan sisi kiri yaitu sebesar:

$$2 \times \frac{Al}{4} = 2 \times \frac{506,02 \text{ mm}^2}{4} = 253 \text{ mm}^2$$

#### Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{1/2 Al}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{253 \text{ mm}^2}{201,14 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2578 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan 2D16



Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$A_s = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$A_s = 2 \times 0,25 \pi D^2$$

$$A_s = 402.29 \text{ mm}^2$$

Cek persyaratan:

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$402.29 \text{ mm}^2 \geq 253 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan direncanakan dipasang tulangan puntir di tumpuan dan lapangan yaitu, 2D16.

#### 4.3 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

##### a Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2D + 1,6L + 0,3E_x + 1E_y$$

- Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times 547,5 \\ &= 328,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 328,5 \text{ mm} \\ &= 246,375 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ X_{min} &= 52,5 \text{ mm} \\ \text{Garis netral rencana (asumsi)} \\ X_{rencana} &= 97 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ C_c' &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \times 0,85 \times 97 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 630742,5N$$

- Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = \frac{630742,5N}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 1576,86 \text{ mm}^2$$

- Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$Mnc = 1576,86 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left( 547,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 97 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 319329159,592 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{tumpuan} = 186232227 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{336391388 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$Mn = 373768208,9 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut:

$Mns > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur Tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (373768208,9 - 319329159,592) \text{ Nmm}$$

$$= 54439049,07 \text{ Nmm}$$

Karena nilai  $Mns > 0$ , maka balok memerlukan tulangan lentur tekan, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan rangkap.

### Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Berdasarkan hasil persyaratan diatas maka direncanakan balok induk melintang dengan menggunakan tulangan rangkap.

$$\bullet Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d'} \\ = 109977,878N$$

- Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$fs' = \left(1 - \frac{d'}{X_{renc}}\right) \times 600$$

$$fs' = \left(1 - \frac{52.5 \text{ mm}}{97 \text{ mm}}\right) \times 600$$

$$fs' = 275 \text{ Mpa}$$

$$\text{Syarat: } fs' \geq fy \text{ (leleh)} \quad : fs' = fy$$

$$fs' \leq fy \text{ (tidak leleh)} \quad : fs' = fs'$$

$$275 \text{ Mpa} \leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)}$$

$$As' = \frac{Cs'}{fs' - 0,85 \times fc'}$$

$$As' = 440,34 \text{ mm}^2$$

$$Ass = \frac{T_2}{fy}$$

$$Ass = 274,94 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan lentur

#### Tulangan perlu

$$As = Asc + Ass$$

$$= 1851,80 \text{ mm}^2$$

$$As' = As'$$

$$= 440,34 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

#### Luasan tulangan perlu

$$As \text{ perlu} = As + At$$

$$= 1851,50 \text{ mm}^2 + 126,50 \text{ mm}^2$$

$$= 1978,30 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul. Lentur}}$$

$$n = 4.029 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 2455,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } As \text{ pasang} &> As \text{ perlu} \\ 2455,36\text{mm}^2 &> 1978,30 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Luasan tulangan tekan perlu

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= As' + At \\ &= 440,34 \text{ mm}^2 + 126,50 \text{ mm}^2 \\ &= 566,84\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul. Lentur}}$$

$$n = 1,2 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 982,14\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } As \text{ pasang} &> As \text{ perlu} \\ 982,14\text{mm}^2 &> 566,84 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tarik

$$Starik = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Starik = \frac{300\text{mm} - 2 \times 30\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 3 \times 25\text{mm}}{3 - 1}$$

$$Starik = 72,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } S_{maks} &\geq S_{syarat \text{ agregat}} \\ 72,5 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$Starik = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Starik = \frac{300mm - 2 \times 30mm - 2 \times 10mm - 2 \times 25mm}{2 - 1}$$

$$Starik = 170 \text{ mm}$$

Kontrol : Smaks  $\geq$  Ssyarat agregat

170 mm  $\geq$  25 mm (tidak memenuhi)

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Untuk momen positif pada muka joint minimal harus sepertiga dari kekuatan momen negatif pada muka joint Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  x Momen lentur tumpuan (-), dan untuk pada sembarang penampang kecuali muka joint momen negative maupun positif tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka balok di kedua ujung komponen.

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4. (1))**

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan kontrol pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25mm)^2 \\ &= 2455.36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25mm)^2 \\ &= 982,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen :

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$982.14 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$982.14 \text{ mm}^2 \geq 818.45 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Kemampuan Penampang :

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 5 D25 = 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 2 D25 = 982.14 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 128.38 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = As \text{ tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 474677162.53 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 373768208.89 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$474677162.53 \text{ Nmm} > 373768208.89 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok induk  
Mel (35/50) untuk daerah tumpuan kanan:

➤ Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 3 D25 , Lapis 2 = 2D25

➤ Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2 D25

b Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

- $1,2D+1,6L+0,3Ex+1Ey$

- Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = 328.5 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 246.375 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 52.5 \text{ mm}$$

- Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 97 \text{ mm}$$

- Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 630742.5$$

- Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = 1576.86 \text{ mm}^2$$

- Gaya momen nominal

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$Mnc = 319329159.19 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{tumpuan} = 499057547 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu_x}{\phi}$$

$$Mn = 554508385.6 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut:

$Mns > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 235179226.37 \text{ Nmm}$$

Karena nilai  $Mns > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan rangkap.

### Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Berdasarkan hasil persyaratan diatas maka direncanakan balok induk melintang dengan menggunakan tulangan rangkap

$$\bullet Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d'} \\ = 475109.548 \text{ N}$$

- Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{X_{renc}}\right) \times 600$$

$$f_s' = 275 \text{ Mpa}$$

$$\text{Syarat: } f_s' \geq f_y \text{ (leleh)} \quad : f_s' = f_y$$

$$f_s' \leq f_y \text{ (tidak leleh)} \quad : f_s' = f_s'$$

$$275 \text{ Mpa} \leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)}$$

$$A_s' = \frac{C s'}{f_s' - 0,85 \times f_c'}$$

$$A_s' = 1902,28 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

$$A_{ss} = 1187,77 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan lentur

Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$= 2764,63 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_s'$$

$$= 1902,28 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$= 2891,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 5,887 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas D lentur}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 6 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2946,43 \text{ mm}^2$$



Kontrol : As pasang > As perlu

$$2946.43\text{mm}^2 > 2891.13\text{mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan tekan perlu

$$\text{As perlu} = \text{As}' + \text{At}$$

$$\text{As perlu} = 2028.79 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{\text{Luas Tul. Lentur}}{10812,54 \text{ mm}^2}}$$

$$n = \frac{2028.79}{0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2}$$

$$n = 4.1 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\text{As pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luas D lentur}$$

$$\text{As pasang} = 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2$$

$$\text{As pasang} = 2455.36\text{mm}^2$$

Kontrol: As pasang > As perlu

$$2455.36\text{mm}^2 > 2028.79\text{mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tarik

$$\text{Starik} = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$\text{Starik} = 40 \text{ mm}$$

Kontrol: Smaks  $\geq$  Ssyarat agregat

$$40 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$\text{Stekan} = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\emptyset - 39\emptyset \text{ lentur}}{39 - 1}$$

$$\text{Stekan} = 72.5 \text{ mm}$$

Kontrol: Smaks  $\geq$  Ssyarat agregat

$$72.5\text{mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Untuk momen positif pada muka joint minimal harus sepertiga dari kekuatan momen

negatif pada muka joint Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  x Momen lentur tumpuan (-), dan untuk pada sembarang penampang kecuali muka joint momen negative maupun positif tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka balok di kedua ujung komponen.

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1))**

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan kontrol pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 6 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 2946.43\text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 2455.36\text{mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$\begin{aligned}\text{M lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \text{ M lentur tumpuan (-)} \\ 2455.36\text{mm}^2 &\geq \frac{1}{3} 2946.43\text{mm}^2 \\ 2455.36\text{mm}^2 &\geq 982.14 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 6 \text{ D25} = 2946.43\text{mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 5 \text{ D25} = 2455.36\text{mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 154.06 \text{ mm}$$

$$\text{Mn Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 554508385.56 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn perlu} = \text{Mn} = 548414886.81 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\text{Mn pasang} > \text{Mn perlu}$$

$$554508385.56 \text{ Nmm} > 548414886.81 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok induk  
Mel (35/50) untuk daerah tumpuan kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis = 6 D25
- Tulangan lentur tekan susun 2 lapis = 5D25

c Daerah Lapangan

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

- $1,2D+1,6L+0,3Ex+1Ey$

- Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = 328.5 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 246.375 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 52.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 97 \text{ mm}$$

- Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 630742.5 \text{ N}$$

- Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = 1576.86 \text{ mm}^2$$

- Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 319329159.19 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$M_u = 210772875 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 234192083.89 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (234192083.8 - 319329159.19) \text{ Nmm}$$

$$= -85137075.3 \text{ Nmm}$$

Karena nilai  $M_{ns} < 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tunggal.

### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} b_w \times d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 548 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 562.785 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 300 \text{ mm} \times 548 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 575.4mm^2$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 Mpa}{400 Mpa} \times \left( \frac{600}{600 + 400 Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0325$$

$$\rho_{max} = 0.0244$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times b_w \times d_y$$

$$A_{max} = 0.0244 \times 300mm \times 548 mm$$

$$A_{max} = 4011.36mm^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen lapangan} = 210772875.5 Nmm$$

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$= 234192083.9 Nmm$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{400 Mpa}{0,85 \times 30 Mpa} = 15.69$$

$$Rn = \frac{Mn}{b_w \cdot d^2}$$

$$= 2.604 N/mm^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{F_y}} \right)$$

$$\rho = 0.0069$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho x bw x d$$

$$A_{perlu} = 0.0055 x 300 \text{ mm} x 548 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 1130.39 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$575.4 \text{ mm}^2 < 1130.39 \text{ mm}^2 < 4011.36 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= A_s + A_t \\ &= 1256.89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 2.559 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} x \text{ luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} x 0,25 x \pi x (25 \text{ mm})^2 \\ &= 1473.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol: } \text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$1473.21 \text{ mm}^2 > 1256.89 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 Pasal 21.3.4.1 luasan pasang (as') tulangan lentur tekan menurut tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s \\ &= 0,3 x 1473.21 \text{ mm}^2 \\ &= 589.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= A_s' + A_t \\ &= 715.79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 1.46 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 982.14 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol: As pasang > As perlu  
 $982.14 \text{ mm}^2 > 719.79 \text{ mm}^2$  (memenuhi)

Kontrol S tulangan tarik

$$\text{Starik} = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$\text{Starik} = 72.5\text{mm}$$

Kontrol : Smaks  $\geq$  Ssyarat agregat  
 $72.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$  (memenuhi)

Kontrol S tulangan tekan

$$\text{Starik} = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$\text{Stekan} = 170 \text{ mm}$$

Kontrol : Smaks  $\geq$  Ssyarat agregat  
 $170\text{mm} \geq 25 \text{ mm}$  (memenuhi)

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Untuk momen positif pada muka joint minimal harus sepertiga dari kekuatan momen negatif pada muka joint Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times$  Momen lentur tumpuan (-), dan untuk pada sembarang penampang kecuali muka join momen negative maupun positif tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka balok di kedua ujung komponen.

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1))**

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan kontrol pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 1473.21\text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2\end{aligned}$$

$$= 982.14 \text{ mm}^2$$

Kontrol momen :

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$982.14 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} 1473.21 \text{ mm}^2$$

$$982.14 \text{ mm}^2 \geq 491.07 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 3 \text{ D19} = 1473.21 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 2 \text{ D19} = 982.14 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$a = 77.03 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 299937349.94 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 234192083.89 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$299937349.94 \text{ Nmm} > 234192083.89 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok induk Mel (35/50) untuk daerah tumpuan kanan :

➤ Tulangan lentur tarik susun 1 lapis  
= 3 D25

➤ Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
= 2 D25

#### 4.4 Perhitungan Penulangan Geser Balok

a. Data perencanaan

Tipe balok : BI L (30/60)

Dimensi balok (b balok) : 300 mm

Dimensi balok (h balok) : 600 mm

Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa

Kuat leleh tul. geser ( $f_{yv}$ ) : 240 MPa

Diameter tul. geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm



$$\beta_1 : 0,85$$

$$\text{Faktor reduksi geser } (\phi) : 0,75$$

- b. Gaya momen untuk perencanaan tulangan geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada B1 Melintang (30/60) As (B.1-C.1), 2.1, diperoleh:

• Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pakai tulangan tarik 6 D25} = 2946.43 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 5 D25} = 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 154.06$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 554481542.62 \text{ Nmm}$$

• Momen Nominal Kanan

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pakai tulangan tarik 5 D25} = 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2 D25} = 982.14 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 51.35$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

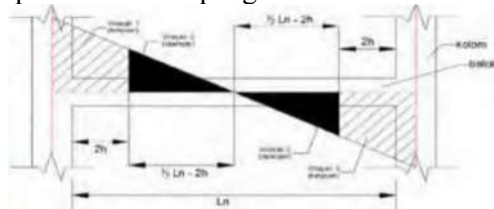
$$= 512504793.58 \text{ Nmm}$$

- c. Gaya geser balok yang ditinjau

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL, dari analisa SAP 2000 didapatkan:

Gaya geser terfaktor  $V_u = 306354.09 \text{ N}$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 sengkang pada balok yang menahan gaya geser harus disediakan minimum  $2h$  dari kedua ujung, sehingga dalam pembagian wilayah geser balok bagian tersebut merupakan daerah tumpuan dan panjang sisa penampang dari daerah tumpuan merupakan daerah lapangan.



Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,478 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.2)**

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 152937.831 \text{ N}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)**

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \text{ min}} = 0,33 \times b \times d$$

$$= 54202.5 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 296879.32 \text{ N}$$

$$2V_{s \text{ max}} = 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 593758.64N$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada Wilayah Tumpuan

Gaya geser diperoleh dari :

$$Vu_1 = \frac{Mnr + Mnl}{ln} + \frac{Wu + ln}{2}$$

$$Vu_1 = \frac{Mnr + Mnl}{ln} + Vu$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4)**

Dimana:

- $Vu_1$  = Gaya geser pada muka perletaka
- $Mnl$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)
- $Mnr$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
- $ln$  = Panjang bersih balok

Maka :

$$Vu_1 = \frac{Mnr + Mnr}{ln} + Vu$$

$$Vu_1 = 448618.93N$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$448618.93N \leq 57351.69 N \text{ (tidak memenuhi)} \\ \text{(perlu tulangan geser)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

(Tulangan geser minimum)

$$57351.69 N \leq 448618.93N \leq 114703.37N$$

(tidak memenuhi, maka kontrol kondisi 3)

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

(Tulangan geser minimum)

$$114703.37N \leq 448618.93N \leq 155355.2 N$$

(tidak memenuhi, maka kontrol kondisi 4)

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

(Tulangan geser)

$$155355.2 \text{ N} \leq 448618.93 \text{ N} \leq 337362.8622 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$155355.2 \text{ N} \leq 448618.93 \text{ N} \leq 560022.35$$

(memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan Kondisi 5.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$V_s \text{ perlu} = 445220.75 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser adalah :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = (0,25 \pi 10 \text{ mm}^2) \times 2 \text{ kaki}$$

$$A_v = 157,14 \text{ mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$S_{\text{perlu}} = 46.38 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang jarak 100 mm

Periksa jarak spasi tulangan geser berdasarkan kondisi 5

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{2} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} < \frac{441 \text{ mm}}{2} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} < 220,5 \text{ mm} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.4.5)**

Dari hasil perhitungan diatas direncanakan dipakai tulangan geser

Sedangkan menurut persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 dengan metode SRPMM spasi maksimum sengkang tidak boleh lebih dari nilai dibawah ini :

- $Spakai < \frac{d}{4}$

$$100mm < 136.9$$

- $Spakai < 8 \text{ diameter lentur}$

$$100mm < 200mm$$

- $Spakai < 24 \text{ diameter sengkang}$

$$100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

- $Spakai < 300 \text{ mmm}$

$$100mm < 300 \text{ mmm}$$

Jadi penulangan geser balok induk melintang BI (30/60) pada daerah tumpuan adalah Ø10-100

## 2. Pada Wilayah Lapangan

Gaya geser diperoleh dari metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} = \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (\frac{1}{2}ln - 2h)}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu_2 = 305060.88N$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

$$Vu \leq 0,5 \times \phi \times Vc$$

$$305060.88N \leq 57351.69 \text{ (tidak memenuhi)}$$

(perlu tulangan geser)

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times Vc \leq Vu \leq \phi \times Vc$$

(Tulangan geser minimum)

$$57351.69 \leq 305060.88N \leq 114703.37N$$

(tidak memenuhi, maka kontrol kondisi 3)

Kondisi 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min})$$

(Tulangan geser minimum)

$$114703.37N \leq 305060.88N \leq 155355.248N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 4

$$\phi (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ max})$$

(Tulangan geser)

$$155355.2N \leq 305060.88N \leq 337362.8622N$$

(memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan Kondisi 4.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s \text{ perlu} = 253810N$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser adalah :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = (0,25 \pi 10mm^2) \times 2$$

$$A_v = 157,14mm^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$S_{\text{perlu}} = 81.35 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang jarak 80mm

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{2} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} < \frac{441mm}{2} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} < 220,5mm \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pasang}} < 220,5 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} < 220,5 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.4.5)**

Dari hasil perhitungan diatas direncanakan dipakai tulangan geser Ø10-200mm

Sedangkan menurut persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.3 dengan metode SRPMM spasi maksimum sengkang tidak boleh lebih dari nilai dibawah ini :

$$\bullet Spakai < \frac{d}{2}$$

$$80mm < 220,5mm \text{ (memenuhi)}$$

Jadi penulangan geser balok induk melintang BI (30/60) pada daerah lapangan adalah Ø10-80mm

#### 4.5 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan Balok Induk Melintang 330/60

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 pasal 12.***

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik ( $l_d$ )  
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 pasal 12.2***  
Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

***[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]***

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2*** sebagai berikut:

	Batang tulangan atau	Batang tulangan

	kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $l_d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus – Kasus Lain	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

*Table 1. Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir*

Dimana,

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\psi_t$  = faktor lokasi penulangan

$\psi_e$  = faktor pelapis

$\psi_t$ = faktor lokasi penulangan	
Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3
Tulangan Lain	1,0



$\psi_e$ = faktor pelapis	
Batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari <b>3db</b> , atau spasi bersih kurang dari <b>6db</b>	1,5
Batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis)	1,0

Table 2.Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

Perhitungan :

$$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$l_d = 1073.97 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$1073.97 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{Memenuhi}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$l_{d \text{ Red}} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times l_d$$

$$l_{d \text{ Red}} = 865.305 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 900 mm

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi

Tarik ( $l_{dh}$ )

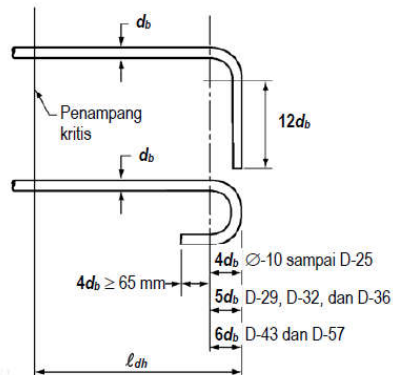
Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.5**

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

**[SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1]**

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2**

Untuk batang tulangan ulir  $l_{dh}$  harus sebesar  $(0,24 \psi_e F_y / \lambda \sqrt{f_c'}) \times d_b$  dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



*Gambar 1. Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar*

Perhitungan :

$$l_{dh} = \left( \frac{0,24 \psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$l_{dh} = 438.178 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$438.178 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$$

Memenuhi

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$l_{dh \text{ Red}} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times l_{dh}$$

$$l_{dh \text{ Red}} = 353.044 \text{ mm} \approx 360 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 360 mm.

Panjang kait

$$12d_b = 12(19) = 228 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan ( $l_{dc}$ )  
 Peyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.3**  
 Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm

*[SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1]*

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2**  
 panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \qquad l_{dc} = (0,043 f_y) d_b$$

$$l_{dc} = 438 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 430 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$l_{dc \text{ Red}} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ Red}} = 252.894 \text{ mm} \approx 260 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan 260 mm.

Panjang kait

$$12d_b = 300 \text{ mm}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk Memanjang (30/60)

Perhitungan tulangan balok induk memanjang B1 (30/60), dihitung menggunakan ketentuan metode SRPMM dengan hasil output gaya diperoleh dari analisa SAP 2000. Berikut merupakan data perencanaan penulangan balok :

f. Data perencanaan tulangan:

Tipe balok	: BP
Bentang balok (L balok)	: 8000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Bentang kolom (L kolom)	: 4000 mm

Dimensi kolom (b kolom)	: 500 mm
Dimensi kolom (h kolom)	: 500 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ )	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 25 mm
Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ geser)	: 10 mm
Diameter tulangan puntir ( $\emptyset$ puntir)	: 16 mm
Jarak spasi tulangan sejajar	: 25 mm
<b>[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1]</b>	
Jarak spasi tulangan antar lapis	: 25 mm
<b>[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.2]</b>	
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<b>[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)]</b>	
Faktor $\beta_1$	: 0,85
<b>[SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.(3)]</b>	
Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ )	: 0,9
<b>[SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(1)]</b>	
Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	: 0,75
Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ )	: 0,75
<b>[SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3)]</b>	

g. Tebal efektif balok

$$d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. lentur}$$

$$d = 600 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 25 \text{ mm}\right)$$

$$d = 548 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 600 \text{ mm} - 548 \text{ mm}$$

$$d' = 53 \text{ mm}$$

h. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Melalui program bantu analisa SAP 2000 diperoleh diagram gaya balok yang ditinjau akibat kombinasi beban yang diinput sehingga dapat digunakan dalam perhitungan penulangan.

Dari hasil analisa balok induk memanjang yang mempunyai nilai momen terbesar adalah pada frame 95 dimana diperoleh dari kombinasi beban 1,2D+1,6L+1-Ex+0.3-Ey

Hasil Output SAP

6. Momen Torsi	: 16327544.5 Nmm
7. Momen Tumpuan Kanan	: 417020538 Nmm
8. Momen Tumpuan Kiri	: 416872418 Nmm
9. Momen Lapangan	: 201796556.8 Nmm
10. Gaya Geser	: 211633.37 N

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2,  $V_u$  diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 mm dari as kolom.

i. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Menurut ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.2 perlu diperhitungkan gaya aksial balok untuk menentukan perhitungan detail tulangan balok. Berikut perhitungan syarat gaya aksial balok :

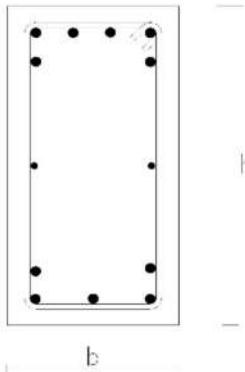
$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{10}$$

$$= 540000 \text{ N}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,6L+1-Ex+0.3-Ey pada komponen struktur sebesar 28373.28 N < 525000 N. Karena nilai gaya tekan aksial terfaktor ( $P_u$ ) untuk komponen struktur yang lebih kecil dari hasil diatas maka detail penulangan struktur rangka harus memenuhi SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4

- j. Kontrol kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai = 30/60



Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\ &= 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 180000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \times (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) \\ &= 1800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekcing}} - \varnothing_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekcing}} - \varnothing_{\text{geser}}) \\ &= (300 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \times (600 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \\ &= 121900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times \{(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekking}} - \phi_{\text{geser}})\} \\
 &= 2 \times \{(300 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) + (600 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm})\} \\
 &= 1520 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.3 Perhitungan Penulangan Puntir Balok

- Gaya momen dan geser pada balok yang ditinjau Berdasarkan hasil out put diagram torsi yang diperoleh dari analisa SAP adalah :

##### Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi dibawah ini:

$$1,2D + 1,6L + 0,3E_x + 1E_y$$

$$T_u = 16327544.5 \text{ Nmm}$$

##### Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{33917824 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$T_n = 2177059 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada :

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left( \frac{180000^2}{1800} \right)$$

$$T_u \text{ min} = 6137231.3 \text{ Nmm}$$

##### **SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1.(a)**

$$T_u \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ max} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left( \frac{180000^2}{1800} \right)$$

$$T_u \text{ max} = 24401040 \text{ Nmm}$$

##### **SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2.(a)**

- Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$T_{min} > T_u \rightarrow$  tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{min} < T_u \rightarrow$  memerlukan tulangan puntir

$T_{min} < T_u$

$$6137231.3 \text{ Nmm} < 16327545 \text{ Nmm}$$

Karena nilai  $T_u$  lebih besar dari  $T_{min}$  maka penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

- Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana:

➤ Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{➤ } A_o &= 0,85 \times A_{Oh} \\ &= 0,85 \times 121900 \text{ mm}^2 \\ &= 104834 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{452233765 \text{ Nmm}}{2 \times 104834 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0.42 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur:



$$Al = \frac{At}{s} Ph \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$Al = 0.87 \text{ mm} \times 1520 \text{ mm} \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cot^2 45$$

$$Al = 243.59 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$Al = \frac{0.42 \times \sqrt{f'c'} \times Acp}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$Al = \frac{0.42 \times \sqrt{30} \times 180000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Al = 396.10 \text{ mm}^2$$

Dengan persyaratan :

$$\frac{At}{s} > 0.175 \frac{b}{f_{yt}}$$

$$0.87 \text{ mm} > 0.175 \frac{300 \text{ mm}}{400}$$

$$0.34 \text{ mm} > 0.13 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Periksa:

$$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}} \text{ maka gunakan } Al_{\text{min}}$$

$$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}} \text{ maka gunakan } Al_{\text{perlu}}$$

$$243.59 \text{ mm}^2 \leq 396.10 \text{ mm}^2$$

Karena  $Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$  sehingga dipakai tulangan puntir minimum sebesar  $396.10 \text{ mm}^2$

### Luasan tulangan puntir

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = 99.03 \text{ mm}^2$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang:

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Sehingga masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $99.03 \text{ mm}^2$ , sedangkan untuk sisi kanan dipasang sama dengan sisi kiri yaitu sebesar:

$$2 \times \frac{Al}{4} = 198.06 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{1/2Al}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = 0.984 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan 2D16

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$A_s = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$A_s = 2 \times 0.25 \pi D^2$$

$$A_s = 402.29 \text{ mm}^2$$

Cek persyaratan:

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$402.29 \text{ mm}^2 \geq 253 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan direncanakan dipasang tulangan puntir di tumpuan dan lapangan yaitu, 2D16.

#### 4.4 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

##### d Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2D+1,6L+0,3Ex+1Ey$$

- Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times 547,5 \\ &= 328,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 328,5 \text{ mm} \\ &= 246,375 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ X_{min} &= 52,5 \text{ mm} \\ \text{Garis netral rencana (asumsi)} \\ X_{rencana} &= 97 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ Cc' &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \times 0,85 \times 97 \text{ mm} \\ Cc' &= 630742,5 \text{ N} \end{aligned}$$

- Luas tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{F_y} \\ A_{sc} &= \frac{630742,5 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}} \\ A_{sc} &= 1576,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ M_{nc} &= 1576,86 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \end{aligned}$$

$$\left( 547,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 97 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 319329159,592 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$M_{u_{tumpuan}} = 417020538 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = 463356153.3 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut:

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur Tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (463356153.3 - 319329159,592) \text{ Nmm}$$

$$= 144026994.15 \text{ Nmm}$$

Karena nilai  $M_{ns} > 0$ , maka balok memerlukan tulangan lentur tekan, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan rangkap.

### Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Berdasarkan hasil persyaratan diatas maka direncanakan balok induk melintang dengan menggunakan tulangan rangkap.

$$\bullet \text{Cs}' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d'} \\ = 109977,878 \text{ N}$$

• Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$f_s' = \left( 1 - \frac{d'}{X_{renc}} \right) \times 600$$

$$f_s' = \left( 1 - \frac{52.5 \text{ mm}}{97 \text{ mm}} \right) \times 600$$

$$f_s' = 275 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } f_s' &\geq f_y \text{ (leleh)} & : f_s' &= f_y \\ f_s' &\leq f_y \text{ (tidak leleh)} & : f_s' &= f_s' \end{aligned}$$

$$275 \text{ Mpa} \leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)}$$

$$A_s' = \frac{C s'}{f_s' - 0,85 \times f_c'}$$

$$A_s' = 1164,98 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

$$A_{ss} = 727,41 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan lentur

Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$= 2304,27 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_s'$$

$$= 1164,98 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

Luasan tulangan perlu

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$= 2403,29 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 4,894 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luas D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2 \\ &= 2455,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :  $A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$

$$2455,36 \text{ mm}^2 > 2403,29 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan tekan perlu

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s' + A_t$$

$$= 1264,01 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul. Lentur}}$$

$$n = 2.6 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 1473.21\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1473.21\text{mm}^2 &> 1264.01\text{mm}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1} \\ \text{Starik} &= \frac{300\text{mm} - 2 \times 30\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 3 \times 25\text{mm}}{3 - 1} \end{aligned}$$

$$\text{Starik} = 72,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : Smaks} &\geq \text{Ssyarat agregat} \\ 72,5 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1} \\ \text{Starik} &= \frac{300\text{mm} - 2 \times 30\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 25\text{mm}}{2 - 1} \end{aligned}$$

$$\text{Starik} = 170 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : Smaks} &\geq \text{Ssyarat agregat} \\ 170 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Untuk momen positif pada muka joint minimal harus sepertiga dari kekuatan momen negatif pada muka joint Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times$  Momen lentur tumpuan (-), dan untuk pada sembarang penampang kecuali muka joint momen negative maupun positif tidak boleh

kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka balok di kedua ujung komponen.

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4. (1))**

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan kontrol pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 2455.36 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 1473.21 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol momen :

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$1473.21 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$1473.21 \text{ mm}^2 \geq 818.45 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Kemampuan Penampang :

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 5 \text{ D25} = 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D25} = 1473.21 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 128.38 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 474677162.53 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 463356153.33 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$474677162.53 \text{ Nmm} > 463356153.33 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok induk

Mel (30/60) untuk daerah tumpuan kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 3 D25 , Lapis 2 = 2D25
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 3 D25

e Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

- $1,2D+1,6L+0,3E_x+1E_y$
- Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = 328.5mm$$

- Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 246.375mm$$

- Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 52.5mm$$

- Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 97mm$$

- Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 630742.5$$

- Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = 1576.86mm^2$$

- Gaya momen nominal

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$Mnc = 319329159.19Nmm$$

Momen lentur nominal (Mn)



$$Mu_{tumpuan} = 416872418 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = 463191575.6 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut:

$Mns > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 143862416.37 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena nilai  $Mns > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan rangkap.

### Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Berdasarkan hasil persyaratan diatas maka direncanakan balok induk melintang dengan menggunakan tulangan rangkap

$$\begin{aligned} \bullet Cs' &= T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d'} \\ &= 290631.144N \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$fs' = \left( 1 - \frac{d'}{Xrenc} \right) \times 600$$

$$fs' = 275 \text{ Mpa}$$

$$\text{Syarat: } fs' \geq fy \text{ (leleh)} \quad : fs' = fy$$

$$fs' \leq fy \text{ (tidak leleh)} \quad : fs' = fs'$$

$$275 \text{ Mpa} \leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)}$$

$$As' = \frac{Cs'}{fs' - 0,85 \times fc'}$$

$$As' = 1163.65 \text{ mm}^2$$

$$Ass = \frac{T_2}{fy}$$

$$Ass = 726.58 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan lentur

Tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_s &= A_{sc} + A_{ss} \\ &= 2303.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s' \\ &= 1163.65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_t \\ &= 2402.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 4.892 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$A_s \text{ pasang} = 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$2455.36 \text{ mm}^2 > 2402.46 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan tekan perlu

$$A_s \text{ perlu} = A_s' + A_t$$

$$A_s \text{ perlu} = 1262.68 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 2.6 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2$$

$$As \text{ pasang} = 1473.21 \text{ mm}^2$$

Kontrol:  $As \text{ pasang} > As \text{ perlu}$

$$1473.21 \text{ mm}^2 > 1262.68 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol S tulangan tarik

$$Starik = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Starik = 72.5 \text{ mm}$$

Kontrol:  $Smaks \geq Ssyarat \text{ agregat}$

$$72.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})$$

Kontrol S tulangan tekan

$$Starik = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Stekan = 72.5 \text{ mm}$$

Kontrol:  $Smaks \geq Ssyarat \text{ agregat}$

$$72.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})$$

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Untuk momen positif pada muka joint minimal harus sepertiga dari kekuatan momen negatif pada muka joint Momen lentur tumpuan  $(+) \geq 1/3 \times \text{Momen lentur tumpuan } (-)$ , dan untuk pada sembarang penampang kecuali muka joint momen negative maupun positif tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka balok di kedua ujung komponen.

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1))**

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan kontrol pada tulangan yang dipasang.

$As \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur}$

$$= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2$$

$$= 2455.36 \text{ mm}^2$$

$As \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur}$

$$= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2$$

$$= 1473.2136 \text{ mm}^2$$

Kontrol momen:

M lentur tumpuan (+)  $\geq \frac{1}{3}$  M lentur tumpuan (-)

$$1473.2136 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$1473.2136 \text{ mm}^2 \geq 818.45 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

As pakai tulangan tarik = 5 D25 = 2455.36 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 3 D25 = 1473.2136 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$a = 128.38 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = As \text{ tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 474677162.53 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 463191575.56 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$474677162.53 \text{ Nmm} > 463191575.56 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok induk  
Mel (30/60) untuk daerah tumpuan kanan:

➤ Tulangan lentur tarik susun 2 lapis = 5D25

➤ Tulangan lentur tekan susun 1 lapis = 3D25

f Daerah Lapangan

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

$$\bullet 1.2D + 1.6L + 0.3E_x + 1E_y$$

• Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = 328.5 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 246.375 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 52.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 97 \text{ mm}$$

- Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_{c'} \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 630742.5 \text{ N}$$

- Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = 1576.86 \text{ mm}^2$$

- Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = Asc \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 319329159.19 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$\mu = 201796556.80 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{\mu}{\phi}$$

$$M_n = 224218396.44 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= -95110762.74 \text{ Nmm}$$

Karena nilai  $M_{ns} < 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tunggal.

### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} b_w \times d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \times 300\text{mm} \times 548 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 562.785\text{mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 300 \text{ mm} \times 548 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 575.4\text{mm}^2$$

Dan untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f'c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0325$$

$$\rho_{max} = 0.0244$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times b_w \times d_y$$

$$A_{max} = 0.0244 \times 300\text{mm} \times 548 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 4011.36\text{mm}^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

Momen lapangan = 201796556.8 Nmm

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$= 224218396.4 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15.69$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$= 2.493 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = 0.0066$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0066 \times 300 \text{ mm} \times 548 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 1079.47 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$575.4 \text{ mm}^2 < 1079.47 \text{ mm}^2 < 4011.36 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu

$$As \text{ perlu} = As + At$$

$$= 1178.50 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = 2.4 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\
 &= 1473.21 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol: As pasang} &> \text{As perlu} \\
 1473.21\text{mm}^2 &> 1178.5 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 Pasal 21.3.4.1 luasan pasang (as') tulangan lentur tekan menurut tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 \text{As'} &= 0,3 \text{ As} \\
 &= 0,3 \times 1473.21\text{mm}^2 \\
 &= 589.29\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As' perlu} &= \text{As'} + \text{At} \\
 &= 688.31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)} \\
 \text{As perlu}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{Luas Tul. Lentur}}{\text{Luas Tul. Lentur}} \\
 n &= 1.4 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 2 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\
 &= 982.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol: As pasang} &> \text{As perlu} \\
 982.14 \text{ mm}^2 &> 589.29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tarik

$$\text{Starik} = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$\text{Starik} = 72.5\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol : Smaks} &\geq \text{Ssyarat agregat} \\
 72.5 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$\text{Starik} = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$\text{Stekan} = 170 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol : Smaks} &\geq \text{Ssyarat agregat} \\
 170\text{mm} &\geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$



Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Untuk momen positif pada muka joint minimal harus sepertiga dari kekuatan momen negatif pada muka joint Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times$  Momen lentur tumpuan (-), dan untuk pada sembarang penampang kecuali muka joint momen negative maupun positif tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka balok di kedua ujung komponen.

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1))**

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan kontrol pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 1473.21\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (25\text{mm})^2 \\ &= 982.14\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen :

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$982.14\text{mm}^2 \geq \frac{1}{3} 1473.21\text{mm}^2$$

$$982.14\text{mm}^2 \geq 491.07 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 3 \text{ D19} = 1473.21 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 2 \text{ D19} = 982.14\text{mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 77.03 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 299937349.94 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 24218396.44 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

Mn pasang > Mn perlu  
 $299937349.94 \text{ Nmm} > 24218396.44 \text{ Nmm}$   
 (memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok induk Mel (30/60) untuk daerah tumpuan kanan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis  
 = 3 D25
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
 = 2 D25

#### 4.5 Perhitungan Penulangan Geser Balok

d. Data perencanaan

Tipe balok	: B1 L (30/60)
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 MPa
Kuat leleh tul. geser ( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
Diameter tul. geser ( $\emptyset$ geser)	: 10 mm
$\beta_1$	: 0,85
Faktor reduksi geser ( $\phi$ )	: 0,75

e. Gaya momen untuk perencanaan tulangan geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada B1 Melintang (30/60), diperoleh:

##### • Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pakai tulangan tarik 5 D25 =  $2455.36 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan 3 D25 =  $1473.21 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = 128.38$$

$$Mn \text{ Pasang} = As \text{ tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 474677162.53 \text{ Nmm}$$

• Momen Nominal Kanan

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pakai tulangan tarik } 5 \text{ D25} = 2455.36 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan } 3 \text{ D25} = 1473.21 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tekan} \times f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$a = 77.03$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tulangan lentur} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

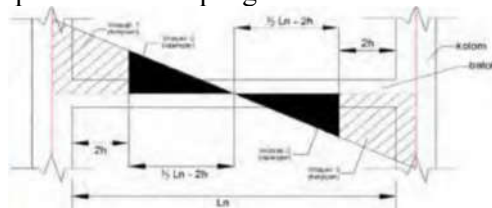
$$= 499895583.23 \text{ Nmm}$$

f. Gaya geser balok yang ditinjau

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL, dari analisa SAP 2000 didapatkan:

$$\text{Gaya geser terfaktor } V_u = 211633.37 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 sengkang pada balok yang menahan gaya geser harus disediakan minimum  $2h$  dari kedua ujung, sehingga dalam pembagian wilayah geser balok bagian tersebut merupakan daerah tumpuan dan panjang sisa penampang dari daerah tumpuan merupakan daerah lapangan.



Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f'c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,478 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.2)**

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$V_c = 152937.831 \text{ N}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)**

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = 0,33 \times b \times d$$

$$= 54202.5 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 0,33 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 296879.32 \text{ N}$$

$$2V_s \text{ max} = 0,66 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 593758.64 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

3. Pada Wilayah Tumpuan

Gaya geser diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{l_n} + V_u$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4)**

Dimana:

- $V_{u1}$  = Gaya geser pada muka perletaka
- $M_{nl}$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)
- $M_{nr}$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
- $l_n$  = Panjang bersih balok

Maka :

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = 341576.4 \text{ N}$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

$$341576.4N \leq 57351.69N \text{ (tidak memenuhi)} \\ \text{(perlu tulangan geser)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

$$\text{(Tulangan geser minimum)} \\ 57351.69N \leq 341576.4N \leq 114703.37N \\ \text{(tidak memenuhi, maka kontrol kondisi 3)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$\text{(Tulangan geser minimum)} \\ 114703.37N \leq 341576.4N \leq 155355.2N \\ \text{(tidak memenuhi, maka kontrol kondisi 4)}$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$\text{(Tulangan geser)} \\ 155355.2N \leq 341576.4N \leq 337362.8622N \\ \text{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$155355.2N \leq 341576.4N \leq 560022.35N \\ \text{(memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan Kondisi 5.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$V_s \text{ perlu} = 302497.373N$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser adalah :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = (0,25 \pi 10mm^2) \times 2 \text{ kaki}$$

$$A_v = 157,14mm^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$S_{perlu} = 68.26 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang jarak 50 mm

Periksa jarak spasi tulangan geser berdasarkan kondisi 5

$$S_{max} < \frac{d}{2} \text{ atau } S_{max} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{max} < \frac{441 \text{ mm}}{2} \text{ atau } S_{max} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{max} < 220,5 \text{ mm} \text{ atau } S_{max} < 600 \text{ mm}$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.4.5)**

Dari hasil perhitungan diatas direncanakan dipakai tulangan geser

Sedangkan menurut persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 dengan metode SRPMM spasi maksimum sengkang tidak boleh lebih dari nilai dibawah ini :

- $S_{pakai} < \frac{d}{4}$

$$50 \text{ mm} < 136.9$$

- $S_{pakai} < 8 \text{ diameter lentur}$

$$50 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$$

- $S_{pakai} < 24 \text{ diameter sengkang}$

$$50 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$

$$50 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Jadi penulangan geser balok induk melintang BI (30/60) pada daerah tumpuan adalah Ø10-50

4. Pada Wilayah Lapangan

Gaya geser diperoleh dari metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} = \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (\frac{1}{2}ln - 2h)}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu_2 = 232271.95$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$232271.95N \leq 57351.69 \text{ (tidak memenuhi)}$$

(perlu tulangan geser)

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

(Tulangan geser minimum)

$$57351.69 \leq 232271.95N \leq 114703.37N$$

(tidak memenuhi, maka kontrol kondisi 3)

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

(Tulangan geser minimum)

$$114703.37N \leq 232271.95N \leq 155355.248N$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 4

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ max})$$

(Tulangan geser)

$$155355.2N \leq 232271.95N \leq 337362.8622N$$

(memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan Kondisi 4.

$$Vs \text{ perlu} = \frac{Vu - \emptyset Vc}{\emptyset}$$

$$Vs \text{ perlu} = 156758.107N$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser adalah :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = (0,25 \pi 10\text{mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,14\text{mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$S_{perlu} = 131.72 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang jarak 100mm

$$S_{max} < \frac{d}{2} \text{ atau } S_{max} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{max} < 274\text{mm} \text{ atau } S_{max} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} < 274 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 274 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.4.5)**

Dari hasil perhitungan diatas direncanakan dipakai tulangan geser Ø10-200mm

Sedangkan menurut persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.3 dengan metode SRPMM spasi maksimum sengkang tidak boleh lebih dari nilai dibawah ini :

$$\bullet S_{pakai} < \frac{d}{2}$$

$$100\text{mm} < 274\text{mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi penulangan geser balok induk melintang BI (30/60) pada daerah lapangan adalah Ø10-100mm

#### 4.6 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan Balok Induk Melintang 30/60

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang



melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12*.

- **Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik ( $l_d$ )**  
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12.2*  
Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

**[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]**

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut:

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
<p>Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari <math>d_b</math>, selimut bersih tidak kurang dari <math>d_b</math>, dan sengkang atau pengikat sepanjang <math>l_d</math> tidak kurang dari minimum Tata Cara atau</p> <p>Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari <math>2d_b</math> dan selimut bersih tidak kurang dari <math>d_b</math></p>	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Kasus – Kasus Lain	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b$
--------------------	---	---

*Table 3. Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir*

Dimana,

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\psi_t$  = faktor lokasi penulangan

$\psi_e$  = faktor pelapis

$\psi_t$ = faktor lokasi penulangan	
Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3
Tulangan Lain	1,0
$\psi_e$ = faktor pelapis	
Batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari <b>3db</b> , atau spasi bersih kurang dari <b>6db</b>	1,5
Batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis)	1,0

*Table 4. Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis*

Perhitungan :

$$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b$$

$$l_d = 1073,97 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

1073.97 mm > 300 mm      Memenuhi  
 Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$l_{d \text{ Red}} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times l_d$$

$$l_{d \text{ Red}} = 1051.19 \text{ mm} \approx 1100 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1100 mm

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik ( $l_{dh}$ )

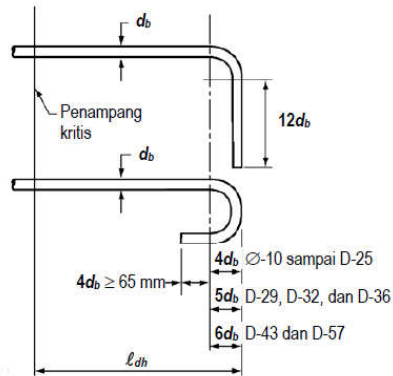
Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.5**

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

**[SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1]**

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2**

Untuk batang tulangan ulir  $l_{dh}$  harus sebesar  $(0,24 \psi_e F_y / \lambda \sqrt{f_c'}) \times db$  dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



Gambar 2. Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Perhitungan :

$$l_{dh} = \left( \frac{0,24 \psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$l_{dh} = 438.178 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$438.178 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{Memenuhi}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$l_{dh \text{ Red}} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times l_{dh}$$

$$l_{dh \text{ Red}} = 428.886 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 450 mm.

Panjang kait

$$12d_b = 12(25) = 300 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan ( $l_{dc}$ )  
 Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.3**  
 Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm

**[SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1]**

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2**  
panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \qquad l_{dc} = (0,043 f_y) d_b$$

$$l_{dc} = 438 \text{ mm} \qquad l_{dc} = 430 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$l_{dc \text{ Red}} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dh \text{ Red}} = 375.954 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

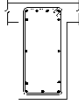
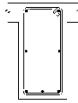
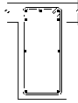
Maka dipakai panjang penyaluran tulangan  
berkait dalam kondisi tekan 400 mm.

Panjang kait

$$12d_b = 300 \text{ mm}$$

### 4.2.3 Rekapitulasi Penulangan Balok

#### 4.2.3.1 Balok Induk Melintang Lantai 1

TIPE BALOK	BL1 300 X 600		
	TUMPAN KIRI	LAPANGAN	TUMPAN KANAN
SECTION			
TUL. ATAS	6 D 25	2 D 25	5 D 25
TUL. BAWAH	5 D 25	3 D 25	2 D 25
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 80	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		

#### 4.2.3.2 Balok Induk Melintang Lantai 2

TIPE BALOK	BL2 300 X 600		
SECTION	TUMPAN KIRI 	LAPANGAN 	TUMPAN KANAN 
TUL. ATAS	6 D 25	2 D 25	5 D 25
TUL. BAWAH	4 D 25	3 D 25	2 D 25
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 80	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		

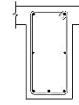
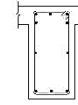
#### 4.2.3.3 Balok Induk Melintang Lantai 3

TIPE BALOK	BL3 300 X 600		
SECTION	TUMPAN KIRI 	LAPANGAN 	TUMPAN KANAN 
TUL. ATAS	5 D 25	2 D 25	4 D 25
TUL. BAWAH	3 D 25	3 D 25	2 D 25
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 80	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		

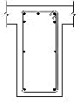
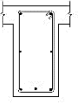
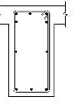
#### 4.2.3.4 Balok Induk Melintang Lantai Atas

TIPE BALOK	BL4 300 X 600		
	TUMPAN KIRI	LAPANGAN	TUMPAN KANAN
SECTION			
TUL. ATAS	3 D 25	2 D 25	4 D 25
TUL. BAWAH	2 D 25	3 D 25	2 D 25
SENGKANG	D10 x 100	D10 x 200	D10 x 100
TUL. TORSI	2 D 16		

#### 4.2.3.5 Balok Induk Memanjang Lantai 1

TIPE BALOK	BP1 300 X 600		
	TUMPAN KIRI	LAPANGAN	TUMPAN KANAN
SECTION			
TUL. ATAS	5 D 25	2 D 25	5 D 25
TUL. BAWAH	3 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 100	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		

## 4.2.3.6 Balok Induk Memanjang Lantai 2

TIPE BALOK	BP2 300 X 600		
SECTION	TUMPAN KIRI 	LAPANGAN 	TUMPAN KANAN 
TUL. ATAS	5 D 25	2 D 25	5 D 25
TUL. BAWAH	2 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 100	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		

## 4.2.3.7 Balok Induk Memanjang Lantai 3

TIPE BALOK	BP3 300 X 600		
SECTION	TUMPAN KIRI 	LAPANGAN 	TUMPAN KANAN 
TUL. ATAS	4 D 25	2 D 25	5 D 25
TUL. BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 100	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		






#### 4.2.3.8 Balok Induk Memanjang Lantai Atap

TIPE BALOK	BP4 300 X 600		
SECTION	TUMPAN KIRI 	LAPANGAN 	TUMPAN KANAN 
TUL. ATAS	3 D 25	2 D 25	3 D 25
TUL. BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	D10 x 100	D10 x 200	D10 x 100
TUL. TORSI	2 D 16		

#### 4.2.3.9 Balok Anak

TIPE BALOK	BA 250 X 400		
SECTION	TUMPAN KIRI 	LAPANGAN 	TUMPAN KANAN 
TUL. ATAS	4 D 19	2 D 19	4 D 19
TUL. BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	D8 x 200	D8 x 250	D8 x 200
TUL. TORSI	2 D 16		

## 4.2.3.10 Sloof

TIPE BALOK	SLOOF 350 X 550		
	TUMPAN KIRI	LAPANGAN	TUMPAN KANAN
SECTION			
TUL. ATAS	6 D 22	3 D 22	4 D 22
TUL. BAWAH	2 D 22	4 D 22	3 D 22
SENGKANG	D10 x 100	D10 x 200	D10 x 100
TUL. TORSI	5 D 16		

## 4.2.3.11 Balok Bordes

TIPE BALOK	BALOK BORDES 250 X 400		
	TUMPAN KIRI	LAPANGAN	TUMPAN KANAN
SECTION			
TUL. ATAS	5 D 19	2 D 19	5 D 19
TUL. BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	D10 x 50	D10 x 100	D10 x 50
TUL. TORSI	2 D 16		

Tabel 20 Rekapitulasi Balok

Tipe balok	Bentang	dimensi	Tul. torsi	Tulangan lentur	Tulangan geser
------------	---------	---------	------------	-----------------	----------------

	cm	cm		tarik	tekan	Tumpuan	Tumpuan
BL 1	8000	30/60	2 D16	6 D25	5D25	D10-50	D10-80
BL 2	8000	30/60	2 D16	6 D25	5D25	D10-50	D10-80
BL 3	8000	30/60	2 D16	5 D25	3D25	D10-50	D10-80
BL 4	8000	30/60	2 D16	4 D25	2D25	D10-100	D10-200
BP 1	8000	30/60	2 D16	5 D25	3D25	D10-50	D10-100
BP 2	8000	30/60	2 D16	5 D25	3D25	D10-50	D10-100
BP3	8000	30/60	2 D16	5 D25	2D25	D10-50	D10-100
BP 4	8000	30/60	2 D16	3 D25	2D25	D10-100	D10-200
SLOOF	8000	35/55	5 D16	6 D22	2D22	D10-100	D10-200
B. BORDES	3500	25/40	2 D16	5 D19	2 D19	D10-50	D10-100
BA	8000	25/40	2 D16	4 D19	2D19	D10-200	D10-250

### 4.3 Perhitungan Penulangan Kolom

#### 4.3.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

##### a. Data perencanaan

Tipe kolom

- Tipe kolom : K
- Frame : 664
- Tinggi kolom : 4000 mm
- b kolom : 500 mm
- h kolom : 500 mm
- Elemen diatasnya :

##### 1. Kolom

- Tinggi : 4000 mm
- Lebar : 500 mm
- Tinggi : 500 mm

##### 2. Balok induk memanjang

- Panjang : 8000 mm

- |        |          |
|--------|----------|
| Lebar  | : 300 mm |
| Tinggi | : 600 mm |
3. Balok induk melintang
- |         |           |
|---------|-----------|
| Panjang | : 8000 mm |
| Lebar   | : 300 mm  |
| Tinggi  | : 600 mm  |
- Elemen dibawahnya :
1. Balok sloof memanjang
- |         |           |
|---------|-----------|
| Panjang | : 8000 mm |
| Lebar   | : 350 mm  |
| Tinggi  | : 550 mm  |
2. Balok sloof melintang
- |         |           |
|---------|-----------|
| Panjang | : 5500 mm |
| Lebar   | : 350 mm  |
| Tinggi  | : 550 mm  |
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
- Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) : 200000 Mpa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) : 25742,96 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$  lentur) : 19mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
- [SNI 03-2847-2013 pasal 7.7.1]**
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 40 mm
- [SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.3]**
- Faktor  $\beta$  : 0.85
- [SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3]**
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\emptyset$ ) : 0.65
- [SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2.B]**
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\emptyset$ ) : 0.75
- [SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.3]**
- b. Tinggi efektif kolom adalah :
- $d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. lentur}$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}\right)$$

$$d = 440,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. lentur}$$

$$d' = 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}\right)$$

$$d' = 59,5 \text{ mm}$$

$$d'' = h - \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. Lentur} - \frac{1}{2} h$$

$$d'' = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 500 \text{ mm}$$

$$d'' = 190,5 \text{ mm}$$

- c. Gaya yang terjadi pada frame 644 berdasarkan output SAP 2000

Gaya aksial kolom akibat beban mati (Pu Dead Load)

- $Pu_{DL} : 1821690,95 \text{ N}$

Gaya aksial kolom akibat kombinasi beban 1,2 DL + 1,6 LL

- $Pu_{(1,2DL+1,6LL)} : 2192168,08 \text{ N}$

Gaya aksial kolom akibat kombinasi beban 1.2D+1.6L+0.3Ex+1Ey

- $Pu_{1.2D+1.6L+0.3Ex+1Ey} : 3244723,25 \text{ N}$

Gaya momen akibat pengaruh beban gravitasi akibat kombinasi 1,2 DL + 1,6 LL

Momen arah sumbu X

$$M_{1nS} : 7040577,54 \text{ Nmm}$$

$$M_{2nS} : 8602786,69 \text{ Nmm}$$

Momen arah sumbu Y

$$M_{1nS} : 113128749 \text{ Nmm}$$

$$M_{2nS} : 120907765,5 \text{ Nmm}$$

Gaya momen akibat pengaruh beban gravitasi akibat kombinasi gempa 1.2D+1.6L+0.3Ex+1Ey

Momen arah sumbu X

$$M_{1S} : 45008356,01 \text{ Nmm}$$

$$M_{2S} : 34662542 \text{ Nmm}$$

Momen arah sumbu Y

$$M_{1S} : 113448754,7 \text{ Nmm}$$

$$M_{2S} : 60170326 \text{ Nmm}$$

d. Syarat gaya aksial kolom

Menurut ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.2 perlu diperhitungkan gaya aksial balok untuk menentukan perhitungan detail tulangan balok. Berikut perhitungan syarat gaya aksial balok :

$$\frac{Ag \times f_c'}{10} = \frac{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa}}{10}$$

$$= 750000N$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1.2D+1.6L+0.3Ex+1Ey pada komponen struktur sebesar 3244723,25N > 750000N. Karena nilai gaya tekan aksial terfaktor(Pu) untuk komponen struktur yang lebih besar dari hasil diatas maka detail penulangan struktur rangka harus memenuhi SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5

e. Kontrol kelangsingan kolom

$$\beta = \frac{1.2 Pu_{DL}}{Pu_{1,2DL+1,6LL}}$$

$$\beta = \frac{1.2 \times 1821690,95N}{2192168,08N}$$

$$\beta = 0,997$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

f. Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.2)

Dengan :

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1 pers.10-15)**

Dimana :

- Kolom yang ditinjau (50/50)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

EI

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,997}$$

$$EI = 18797228328154,90 \text{ Nmm}^2$$

Elemen yang diatasnya

- Kolom (40/40)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

EI

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,997}$$

$$EI = 18797228328154,90 \text{ Nmm}^2$$

- Balok melintang (30/60)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

EI

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,997}$$

$$EI = 9744483165315,74 \text{ Nmm}^2$$

- Balok memanjang (30/60)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

EI

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,997}$$

$$EI = 9744483165315,74 \text{ Nmm}^2$$

Elemen yang dibawahnya

- Balok sloof melintang (35/55)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

$$EI$$

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 350 \text{ mm} \times (550 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,997}$$

$$EI = 8756688816671,74 \text{ Nmm}^2$$

- Balok sloof memanjang (35/55)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

$$EI$$

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 350 \text{ mm} \times (550 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,997}$$

$$EI = 8756688816671,74 \text{ Nmm}^2$$

Sehingga :

$$\psi a = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok}}$$

$$\psi a = \frac{\left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom \text{ atas}}}{\left( \frac{EI}{L} \right)_{B1} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{B1} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{B2} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{B2}}$$

$$\psi a = 1,92901$$

$$\psi b = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok}}$$

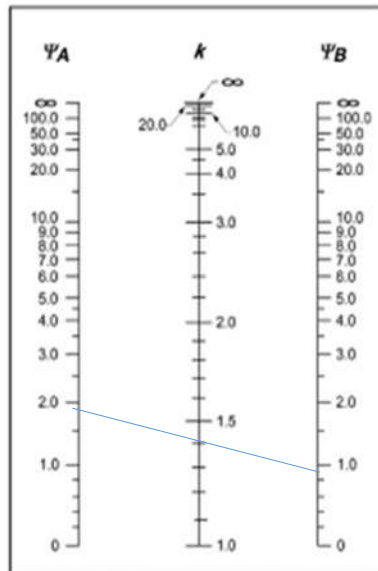
$$\psi b = \frac{\left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\left( \frac{EI}{L} \right)_{S1} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{S1} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{S1} + \left( \frac{EI}{L} \right)_{S1}}$$



$$\psi b = 0,87454$$

g. Panjang tekuk kolom

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktor panjang tekuk ( $k$ ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.2)



Rangka bergoyang

Gambar 26 Rangka Bergoyang

Sehingga berdasarkan grafik diatas diperoleh nilai faktor panjang tekuk kolom ( $k$ ) adalah 1,4

h. Radius girasi ( $r$ )

Radius girasi boleh diambil 0,30 kali dimensi untuk komponen struktur tekan persegi

$$\begin{aligned}
 r &= 0,3 h \\
 r &= 0,3 \times 500mm \\
 r &= 150mm \quad (\text{SNI 2847-2013 psl 10.10.1.2})
 \end{aligned}$$

- i. Kontrol kelangsingan

Pengaruh kelangsingan boleh diabaikan dalam kasus-kasus berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{kl}{r} &\geq 22 \\
 \frac{1,4 \times 4000mm}{150mm} &\geq 22 \\
 37,3 &\geq 22
 \end{aligned}$$

Pengaruh kelangsingan diabaikan  
(termasuk kolom langsing)

- j. Peninjauan kolom akibat momen arah x

Perhitungan nilai  $P_c$  pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(K \cdot l^2)} \quad (\text{SNI 2847-2013 psl 10.10.6 pers.10-13})$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 18797228328154,90 Nmm^2}{(1,4 \cdot 4000mm^2)}$$

$$P_c = 8282197 N$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$\sum P_c = 32 \times 7198216,394 N$$

$$\sum P_c = 265030296 N$$

Faktor pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

(SNI 2847-2013 psl 10.10.7.4 pers.10-21)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{70149379 N}{0,75 \cdot 265030296 N}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,545 \geq 1 \text{ (memenuhi)}$$

Nilai pembesaran momen :

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 7040577,54 \text{ Nmm} + 1,545 \times 45008356,01 \text{ Nmm} \\ &= 322443145 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013 psl 10.10.7 pers.10-18)**

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 8602786,69 \text{ Nmm} + 1,545 \times 34662542 \text{ Nmm} \\ &= 313952194 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013 psl 10.10.7 pers.10-19)**

Momen yang diambil adalah yang terbesar yaitu 322443145 Nmm

Menentukan  $\rho_{\text{perlu}}$  dari diagram interaksi

$$\begin{aligned} \mu &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{\O geser}) - \text{\O lentur} \\ &= 500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 381 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h_{\text{kolom}}}$$

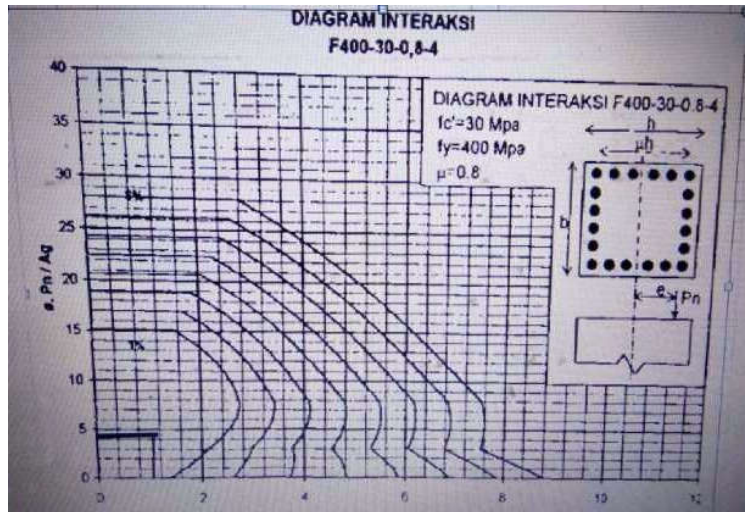
$$\mu = \frac{381 \text{ mm}}{500 \text{ mm}}$$

$$\mu = 0,8$$

Sumbu vertikal

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{2192168,08 \text{ N}}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} = 8,76867 \text{ N}$$

Sumbu horisontal



Gambar 27 Diagram Interaksi

$$\frac{\phi M_n}{A_g h} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = \frac{322443145 \text{ Nmm}}{500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^2} = 2,5795 \text{ Nmm}$$

Sehingga diperoleh  $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,01$

Perhitungan tulangan kolom

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 2500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,5287 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{luas tulangan lentur}}$$

$$n = \frac{2500 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 8,8174$$

Sehingga direncanakan tulangan lentur pasang 9 D19

Luasan tulangan lentur pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times \text{luas tulangan lentur}$$

$$= 9 \times 283,53 \text{ mm}^2$$

$$= 2551,758 \text{ mm}^2$$

Peninjauan momen arah x yang direncanakan

$$\% \text{ tulangan terpasang} = \frac{A_s \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$= \frac{2551,78 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 1\% < 8\% \text{ (memenuhi)}$$

Mencari e perlu dan e min

momen perbesaran

$$M_n = \frac{\phi}{\phi}$$

$$M_n = \frac{322443145 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$M_n = 496066377,6 \text{ Nmm}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$P_n = \frac{2192168,08 \text{ N}}{0,65}$$

$$P_n = 3372566,277 \text{ N}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{496066377,6 \text{ Nmm}}{3372566,277 \text{ N}}$$

$$e \text{ perlu} = 147,089 \text{ mm}$$

$$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$= (15,24 + 0,03 \times 500 \text{ mm})$$

$$= 30,24 \text{ mm}$$

Periksa kondisi balance :

$$\text{Syarat : } \epsilon_s = \epsilon_y \longrightarrow (f_s = f_y)$$

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \times 440,5$$

$$Xb = 264,3 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \times b$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 264,3 \text{ mm} \\
 &= 224,655 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 2551,758 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa}) \\
 &= 955633,608 \text{ N} \\
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 2551,758 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
 &= 1020703,453 \text{ N} \\
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 264,3 \text{ mm} \\
 &= 2864351,25 \text{ N} \\
 \Sigma V=0 &\longrightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 &= 2799281 \text{ N} \\
 M_b &= P_b \times e_b \\
 &= C_c' (d - d'' - \frac{ab}{2}) + C_s' (d - d' - d'') + T \cdot d'' \\
 &= 770834607,6 \text{ Nmm} \\
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= \frac{770834607,6 \text{ Nmm}}{2799281 \text{ N}} \\
 &= 275,368 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$  (Kondisi Tekan Menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balanced}}$  (Kondisi Tarik Menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$

$30,24 \text{ mm} < 147,089 \text{ mm} < 275,368 \text{ mm}$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

Nilai x:

$a = 0,54 d$

$0,85 x = 0,54 \times 440,5 \text{ mm}$

$0,85 x = 237,87 \text{ mm}$

$x = 279,847 \text{ mm}$

Syarat :  $\epsilon_s < \epsilon_y \longrightarrow (f_s < f_y)$

$\epsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 0,003$

$$\epsilon_s = \left( \frac{440,5 \text{ mm}}{279,847 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003$$

$$\epsilon_s = 0,001722222$$

$$f_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600$$

$$f_s = \left( \frac{440,5 \text{ mm}}{279,847 \text{ mm}} - 1 \right) 600$$

$$f_s = 344,44$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_y = \frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}} = 0,002$$

$$\text{Periksa : } \epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,001722222 < 0,002 \text{ (memenuhi)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344,44 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 2551,758 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa})$$

$$= 955634 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 279,847 \text{ mm}$$

$$= 2429028 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_s$$

$$= 2551,758 \text{ mm}^2 \times 344,44 \text{ Mpa}$$

$$= 878939 \text{ N}$$

$$\sum V=0 \longrightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$= 3109537 \text{ N}$$

$$\text{Periksa : } P > P_b$$

$$2501544,336 \text{ N} > 2232557,049 \text{ N}$$

$$M_n = C_c' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

$$= 579125900,8 \text{ Nmm}$$

$$\text{Periksa : } M_{\text{terpasang}} > M_n$$

$$746985600 \text{ Nmm} > 496066377,6 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

k. Peninjauan kolom akibat momen arah y

Perhitungan nilai Pc pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(K \cdot l^2)}$$

(SNI 2847-2013 psl 10.10.6 pers.10-13)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 18797228328154,90 \text{ Nmm}^2}{(1,4 \cdot 4000 \text{ mm}^2)}$$

$$P_c = 8282197 \text{ N}$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$\sum P_c = 32 \times 7198216,394 \text{ N}$$

$$\sum P_c = 265030296 \text{ N}$$

Faktor pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

(SNI 2847-2013 psl 10.10.7.4 pers.10-21)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{70149379 \text{ N}}{0,75 \cdot 265030296 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,545 \geq 1 \text{ (memenuhi)}$$

Nilai pembesaran momen :

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= M_{1ns} : 113128749 \text{ Nmm} + \\ &\quad 1,27 \times 113448754,7 \text{ Nmm} \\ &= 691033179,29 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 psl 10.10.7 pers.10-18)

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= M_{2ns} : 120907765,5 \text{ Nmm} \\ &\quad + 1,27 \times 60170326 \text{ Nmm} \\ &= 81312259,52 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 psl 10.10.7 pers.10-19)

Momen yang diambil adalah yang terbesar yaitu 691033179,29 Nmm



Menentukan  $\rho_{\text{perlu}}$  dari diagram interaksi

$$\begin{aligned}\mu &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{Øgeser}) - \text{Ølentur} \\ &= 500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 381 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h_{\text{kolom}}}$$

$$\mu = \frac{381 \text{ mm}}{500 \text{ mm}}$$

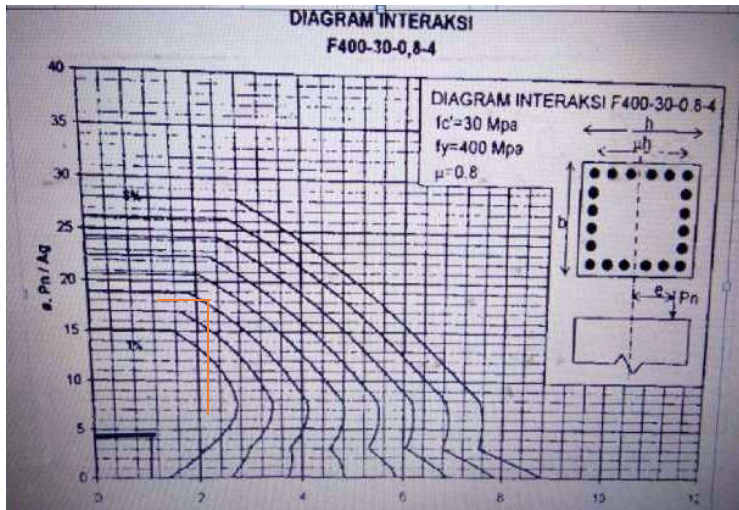
$$\mu = 0,8$$

Sumbu vertikal

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{2192168,08 \text{ N}}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} = 8,76867 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu horizontal

$$\begin{aligned}\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} &= \frac{M_u}{b \cdot h^2} = \frac{691033179,29 \text{ Nmm}}{500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^2} \\ &= 5,528265 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$



Sehingga diperoleh  $\rho_{\text{perlu}} = 2\% = 0,02$

Perhitungan tulangan kolom

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\
 &= 0,02 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\
 &= 5000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,5287 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan lentur}}$$

$$n = \frac{5000 \text{ mm}^2}{283,5287 \text{ mm}^2}$$

$$n = 17,6349$$

Sehingga direncanakan tulangan lentur pasang 18 D19

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned}
 \text{As}_{\text{pasang}} &= n \times \text{luas tulangan lentur} \\
 &= 18 \times 283,5287 \text{ mm}^2 \\
 &= 5103,517266 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Peninjauan momen arah x yang direncanakan

$$\begin{aligned}
 \% \text{ tulangan terpsang} &= \frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 100\% \\
 &= \frac{5103,517266 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\% \\
 &= 2,041\% < 8\% \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Mencari e perlu dan e min

momen perbesaran

$$M_n = \frac{\phi}{0,65} \times 691033179,29 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 1063127967 \text{ Nmm}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$P_n = \frac{2192168,08 \text{ N}}{0,65}$$

$$P_n = 3372566,277 \text{ N}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{1063127967 \text{ Nmm}}{3372566,277 \text{ N}}$$

$$e \text{ perlu} = 315,228 \text{ mm}$$

$$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$= (15,24 + 0,03 \times 500 \text{ mm})$$

$$= 30,24 \text{ mm}$$

Periksa kondisi balance :

$$\text{Syarat : } \epsilon_s = \epsilon_y \longrightarrow (f_s = f_y)$$

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \times 440,5$$

$$X_b = 264,3 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times x_b$$

$$= 0,85 \times 264,3 \text{ mm}$$

$$= 224,655 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 5103,517266 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa})$$

$$= 1911267,216 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_y$$

$$= 5103,517266 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 1020703,453 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 264,3 \text{ mm}$$

$$= 2864351,25 \text{ N}$$

$$\sum V=0 \longrightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$= 2864351,25 \text{ N}$$

$$M_b = P_b \times e_b$$

$$= C_c' \left( d - d'' - \frac{a_b}{2} \right) + C_s' (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

$$= 570694108,4 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$= \frac{570694108,4 \text{ mm}}{2864351,25 \text{ N}}$$

$$= 338,7871 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tekan Menentukan)}$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tarik Menentukan)}$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 315,228 \text{ mm} < 338,7871 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

Nilai x:

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 x = 0,54 \times 440,5 \text{ mm}$$

$$0,85 x = 237,87 \text{ mm}$$

$$x = 279,847 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } \epsilon_s < \epsilon_y \longrightarrow (f_s < f_y)$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 0,003$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{440,5 \text{ mm}}{279,847 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003$$

$$\epsilon_s = 0,001722222$$

$$f_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600$$

$$f_s = \left( \frac{440,5 \text{ mm}}{279,847 \text{ mm}} - 1 \right) 600$$

$$f_s = 344,44$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_y = \frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}} = 0,002$$

$$\text{Periksa : } \epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,001722222 < 0,002 \text{ (memenuhi)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344,44 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 5103,517266 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa})$$

$$= 1911267,216 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 279,847 \text{ mm}$$

$$= 2429028 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_s$$

$$= 5103,517266 \text{ mm}^2 \times 344,44 \text{ Mpa}$$

$$= 1757878,169 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \longrightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$= 3186231,547 \text{ N}$$

Periksa :  $P > P_b$

$$2192168,08 \text{ N} > 3186231,547 \text{ N}$$

$$M_n = C_c' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

$$= 1096471698 \text{ Nmm}$$

Periksa :  $M_{\text{nterpasang}} > M_n$

$$1096471698 \text{ Nmm} > 1063127967 \text{ Nmm}$$

Nmm (memenuhi)

1. Tulangan pasang kolom

Dari hasil perhitungan tulangan diatas dipasang tulangan kolom 18D19 :

Periksa jarak spasi tulangan satu sisi

Syarat :

$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow$  susun 1 lapis

$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow$  perbesar penampang kolom

$$S_{\max} = \frac{b - (2x t_{\text{selimut}}) - (2x \phi_{\text{geser}}) - (nx \phi_{\text{geser}})}{n - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 10 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S_{\max} = 108 > 40 \text{ mm (memenuhi)}$$

Sehingga tulangan lentur disusun 1 lapis

### 4.3.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

a. Data perencanaan

- Tipe kolom	: K
- Frame	: 664
- Tinggi kolom	: 4000 mm
- b kolom	: 500 mm
- h kolom	: 500 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ )	: 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$ )	: 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D)	: 19 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ )	: 10 mm
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\emptyset$ )	: 0.75
	<b>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.3]</b>
-Faktor $\beta$	: 0.85

**[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3]**

b. Gaya pada kolom

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom K1-1 sebagai berikut:

$$P_{u(1,2DL+1,6LL)} : 2192168,08N$$

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM sebagai berikut:

$$M_n = 496066377,6Nmm$$

$$M_{nt} = \frac{M_n}{\phi} = \frac{496066377,6Nmm}{0,75} = 661421836,8Nmm$$

$$M_{nb} = \frac{M_n}{\phi} = \frac{496066377,6Nmm}{0,75} = 661421836,8Nmm$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

$$V_u = \frac{661421836,8Nmm + 661421836,8Nmm}{4000mm}$$

$$V_u = 330710,92N$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)**

c. Syarat kuat tekan beton

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,478 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.2)**

- d. Kuat geser kolom

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \left[ 1 + \frac{2192168,08 \text{ N}}{14 \times (500 \text{ mm})^2} \right] \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \\ \times 500 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 333530,179 \text{ N}$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2)**

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \text{ min}} = 0,33 \times b \times d$$

$$V_{s \text{ min}} = 0,33 \times 500 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$V_{s \text{ min}} = 72682,5 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times 500 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$V_{s \text{ max}} = 398098,448 \text{ N}$$

$$2V_{s \text{ max}} = 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$2V_{s \text{ max}} = 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times 500 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$2V_{s \text{ max}} = 796196,896 \text{ N}$$

- e. Perencanaan tulangan geser

Periksa kondisi geser kolom

Perencanaan jarak sengkang

Periksa jarak spasi tulangan geser untuk sengkang

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{2} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} < \frac{440,5 \text{ mm}}{2} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} < 220,25 \text{ mm} \text{ atau } S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

**(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.4.5)**

Sedangkan menurut persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 dengan metode SRPMM spasi maksimum sengkang tidak boleh lebih dari nilai dibawah ini :

$$- Spakai < 8 \text{ diameter lentur}$$

$$< 8 \times 19\text{mm}$$

$$< 152 \text{ mm}$$

$$- Spakai < \frac{b}{2}$$

$$< \frac{500}{2}$$

$$< 250$$

$$- Spakai < 24 \text{ diameter geser}$$

$$< 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$< 240 \text{ mm}$$

$$- Spakai < 300 \text{ mmm}$$

$$< 300 \text{ mmm}$$

Dari persyaratan spasi sengkang diatas diambil nilai terkecil yaitu 152 mm, dan untuk jarak sengkang pasang tidak boleh melebihi spasi minimum dari persyaratan tersebut.

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10-150 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser adalah :

$$Av = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$Av = (0,25 \pi 10\text{mm}^2) \times 2 \text{ kaki}$$

$$Av = 157,14\text{mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{0,062 \times \sqrt{f_c'} \times b \times S}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{0,062 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 500\text{mm} \times 150\text{mm}}{240 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 106,12\text{mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{0,35 \times b \times S}{f_y}$$



$$A_{vmin} = \frac{0,35 \times 500mm \times 150mm}{240 Mpa}$$

$$A_{vmin} = 109,38mm^2$$

Periksa:

$$S_{pasang} < S_{min. syarat}$$

$$150mm < 152 mm \text{ (memenuhi)}$$

$$A_{v \text{ pasang}} < A_{vmin}$$

$$157,14mm^2 < 106,12mm^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_{v \text{ pasang}} < A_{vmin}$$

$$157,14mm^2 < 109,38mm^2 \text{ (memenuhi)}$$

### 4.3.3 Panjang Penyaluran

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan ldc harus diambil nilai terbesar dari :

$$Ldc = \left( \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) \cdot d_b$$

$$= \left( \frac{0,24 \cdot 400Mpa}{1 \cdot \sqrt{30Mpa}} \right) \cdot 19mm = 333mm$$

$$Ldc = (0,043 \cdot f_y) d_b$$

$$= (0,043 \cdot 400Mpa) \cdot 19mm = 326mm$$

Maka diambil yang terbesar yaitu 333mm ~ 350mm

Perhitungan Sambungan lewatan tulangan Vertikal Kolom

$$0,071 \times f_y \times d_b > 350$$

$$539,6 > 350$$

Sehingga untuk sambungan lewatan sebesar 539,6mm~600mm

#### 4.4 Perhitungan Borpile dan Pilecap

##### 4.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah dan Tiang Tunggal

Perhitungan menggunakan rumusan Luciana De Court (1996). Berdasarkan nilai N-SPT yang tinggi dan kategori tanah keras, berikut merupakan perhitungan daya dukung ijin borpile :

a. Data perencanaan

Kedalaman : 12 m

Diameter : 0,4 m

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa

Safety factor : 3

K : Koefisien karakteristik tanah

12 t/m<sup>2</sup> untuk lempung

20 t/m<sup>2</sup> untuk lanau berlempung

25 t/m<sup>2</sup> untuk lanau berpasir

40 t/m<sup>2</sup> untuk pasir

Pile\Soil	Clay		Intermediate Soil		Sand	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
1. Driven Pile	1	1	1	1	1	1
2. Bored Pie	0,85	0,8	0,6	0,65	0,5	0,5
3. Injection Pile	1	3	1	3	1	3

*Penentuan Base Coefficient (A) & Shaft Coefficient (B)*

b. Perhitungan daya dukung ijin

Nilai Nspt kedalaman 12 m = 57 blow/m

Karena nilai Nspt lebih dari 15 maka N' dihitung dengan rumus di bawah ini

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

$$N' = 15 + 0,5 (60-15) \\ = 36$$

Np' adalah harga rata-rata SPT di sekitar 4Ø di atas hingga 4Ø di bawah dasar tiang pondasi, maka 4Ø = 0,4

$m \times 4 = 1,6 \text{ m}$ , karena nilai  $N_{spt}$  diperoleh dari hasil borlog pertiap 2 m maka yang dihitung adalah rata-rata nilai  $N_{spt}$  pada kedalaman 10m dan 14 m, sehingga :

Nilai  $N_{spt}$  10 m : 60 blow/m

Sehingga nilai  $N'$  10m : 37,5

Nilai  $N_{spt}$  14 m : 59 blow/m

Sehingga nilai  $N'$  14m : 37

$$N_p' = \frac{37,5 \text{ blow/m} + 36 \text{ blow/m} + 37 \text{ blow/m}}{3}$$

$$= 36,83 \text{ blow/m}$$

$K = 40 \text{ t/m}^2$  karena pasir

$$Q_p = \alpha (N_p \times K) A_p$$

$$= 0,5 (36,83 \times 40 \text{ t/m}^2) (0,25 \times \pi \times 0,4^2)$$

$$= 92,57 \text{ T}$$

$N_s$  adalah harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan  $3 \leq N \leq 50$ , karena nilai  $N_{spt}$  lebih besar dari 3 dari lebih dari 50 maka nilai  $N_{s1}$  untuk kedalaman 12 m adalah 50, dan untuk nilai  $N_s$ , yaitu:

$$N_s = \frac{49 + 50 + 50}{3}$$

$$= 49,67$$

$$Q_s = \beta \left( \left( \frac{N_s}{3} \right) + 1 \right) A_s$$

$$= 0,5 \left( \left( \frac{49,67}{3} \right) + 1 \right) (\pi \times 0,40 \text{ m} \times 12 \text{ m})$$

$$= 140 \text{ T}$$

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

$$= 140 \text{ T} + 92,57 \text{ T}$$

$$= 232,57 \text{ T}$$

Sehingga daya dukung ijin pada kedalaman 10m adalah

$$Q_L = \frac{232,57 \text{ T}}{SF}$$

$$= \frac{232,57}{3} \text{ T}$$

$$= 77,5 \text{ T}$$

#### 4.4.2 Tipe Pondasi Yang Direncanakan Sesuai Gaya Aksial Pada Tiap Joint

*Tabel 21 Kebutuhan Pilecap tiap Joint*

Joint	Beban axial	Tipe Pondasi
566	75778,07	Tipe 1
567	193508,93	Tipe 2
568	197446,13	Tipe 1
569	194321,53	Tipe 1
570	194246,63	Tipe 1
571	197466,8	Tipe 1
572	156156,59	Tipe 2
573	121055,46	Tipe 1
574	109719,11	Tipe 1
816	240417,02	Tipe 2
817	270385,88	Tipe 2
818	266968,57	Tipe 2
819	266796,59	Tipe 2
820	270089,41	Tipe 2
821	218416,95	Tipe 2
822	142960,69	Tipe 1
823	235342,9	Tipe 1
824	251175,83	Tipe 2
825	344444,95	Tipe 2
826	343240,61	Tipe 2
827	342378,45	Tipe 2
828	344076,88	Tipe 2
829	297022,58	Tipe 2

830	178419,41	Tipe 1
831	264502,23	Tipe 1
832	203539,88	Tipe 2
833	229652,35	Tipe 1
834	230325,53	Tipe 1
835	229143,95	Tipe 1
836	230749,6	Tipe 1
837	318930,9	Tipe 2
838	147733,2	Tipe 1
839	36956,2	Tipe 3
840	28983,99	Tipe 3

#### 4.4.3 Perhitungan Pondasi Tipe 1

##### a. Data Perencanaan

Kedalaman	: 12 m
Diameter	: 0,4 m
BJ Beton	: 2,4 t/m <sup>3</sup>
BJ Baja tulangan (Es)	: 200000
P ijin borpile	: 77,5 T
Lebar kolom	: 0,5 m
Tinggi kolom	: 0,5 m
Tulangan utama	: 16 mm
Tulangan sengkang	: 12 mm
Mutu beton (fc')	: 30 Mpa
Mutu baja (fy)	: 400 Mpa
Tebal selimut beton	: 50 mm

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1.a)

##### b. Gaya aksial pada joint 831 (Output SAP)

Akibat beban tetap (1,2D+1,6L)

$$P = 78,886 \text{ Ton}$$

$$M_x = 4,393 \text{ Tm}$$

$$M_y = 0,991 \text{ Tm}$$

Akibat beban sementara (1,2D+1,6L+0,8W)

$$P = 77,072 \text{ Ton}$$

$$M_x = 5,3842 \text{ Tm}$$

$$M_y = 0,3234 \text{ Tm}$$

Akibat beban sementara (1,2D+1,6L+1Q<sub>x</sub>+0,3Q<sub>y</sub>)

$$P = 264,5 \text{ Ton}$$

$$M_x = -85,58 \text{ Tm}$$

$$M_y = 39,102 \text{ Tm}$$

Akibat beban sementara (1,2D+1,6L+0,3Q<sub>x</sub>+1Q<sub>y</sub>)

$$P = 138,07 \text{ Ton}$$

$$M_x = -25,37 \text{ Tm}$$

$$M_y = 12,641 \text{ Tm}$$

b. Kebutuhan tiang bor pile

Pada perencanaan pondasi tipe dua ini diambil gaya aksial beban kombinasi terbesar, yaitu :

$$P_{\text{max}} \text{ beban tetap} : 78,886 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{max}} \text{ beban sementara} : 264,5 \text{ Ton}$$

$$n = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{ijin}}} = \frac{78,886 \text{ Ton}}{77,5 \text{ T}} = 1,02 \approx 2 \text{ buah}$$

$$n = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{ijin}}} = \frac{264,5 \text{ Ton}}{77,5 \text{ T}} = 3,41 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka direncanakan tiang pancang sebanyak 4 buah

c. Perencanaan dimensi Pile Cap

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$2,5 D \geq S \geq 3 D$$

$$2,5 \times 40 \text{ cm} \geq S \geq 3 \times 40 \text{ cm}$$

$$100 \text{ cm} \geq S \geq 120 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan S pakai 110 cm

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi pile cap

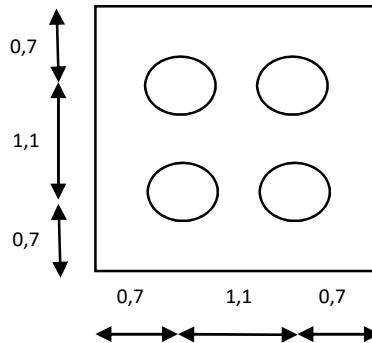
$$1,5 D \geq S' \geq 2 D$$

$$1,5 \times 40 \text{ cm} \geq S' \geq 2 \times 40 \text{ cm}$$

$$52,5 \text{ cm} \geq S' \geq 70 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan S' pakai 70 cm

Jadi dimensi pile cap pondasi tipe 1 adalah



*Penampang pile cap tipe 1*

- d. Pengecekan ulang kebutuhan tiang bor pile

Periksaan ulang kebutuhan tiang setelah diasumsikan berat pile cap dengan diasumsikan tebal pile cap 0,7 m

c.  $P_{max} = 264,502 \text{ Ton}$

d. Berat pile cap  $(4,37 \text{ m}^3 \times 2,4 \text{ Tm}^3) = \frac{10,5 \text{ Ton}}{275,702 \text{ Ton}}$

$$n = \frac{P_{max}}{P_{ijin}} = \frac{275,702 \text{ Ton}}{77,5 \text{ T}} = 3,56 \approx 4 \text{ buah}$$

Setelah ditambahkan berat sendiri pile cap dan tanah dengan dimensi tersebut tetap dibutuhkan 4 buah tiang borpile

- e. Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan efisiensi

$$Efisiensi (\eta) = 1 - Artag \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right]$$

Dimana:

m = banyaknya tiang dalam satu kolom

n = banyaknya tiang dalam baris

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

Sehingga :

$$Efisiensi (\eta) = 1 - Artag \frac{0,35}{0,9} \left[ \frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90 \times 2 \times 1} \right]$$

$$Efisiensi (\eta) = 0,78$$

$$Pijin borpile = 0,78 \times P \text{ ijin borpile}$$

$$= 0,78 \times 77,5 \text{ T}$$

$$= 60,3 \text{ Ton}$$

f. Perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok

*Tabel 22 Jarak X dan Y tiang ke titik berat*

	X(m)	X <sup>2</sup>		Y(m)	Y <sup>2</sup>
X1	0.55 m	0.3025	Y1	0.55 m	0.3025
X2	0.55 m	0.3025	Y2	0.55 m	0.3025
X3	0,55 m	0,3025	Y3	0,55 m	0,3025
X4	0,55 m	0,3025	Y4	0,55 m	0,3025
	$\Sigma X^2$	1.21		$\Sigma Y^2$	1.21

Berdasarkan output SAP 2000 ditinjau join 831 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut:

Akibat beban tetap (1,2DL + 1,6LL)

$$P = 78,886 \text{ Ton}$$

$$M_x = 4,393 \text{ Tm}$$

$$M_y = 0,991 \text{ Tm}$$

Beban vertical yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Berat pile cap} &= 10,5 \text{ Ton} \\
 \text{Beban aksial kolom} &= \frac{78,8858 \text{ Ton}}{4} + \\
 \Sigma P &= 89,3858 \text{ Ton} \\
 P &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{My.X}{\Sigma x^2}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan  $P_{\max}$  adalah menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} + \frac{My.X}{\Sigma x^2} \\
 P1 &= \frac{89,3858 \text{ Ton}}{4} + \frac{4,393 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} + \frac{0,991 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} \\
 &= 24794 \text{ Kg} \\
 P2 &= \frac{89,3858 \text{ Ton}}{4} - \frac{4,393 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} - \frac{0,991 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} \\
 &= 19899 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah 24794 Kg

Syarat :

$$\begin{aligned}
 P_{\max} (1 \text{ tiang}) &< P \text{ ijin tanah} \times \eta \times 1,5 \\
 24794 \text{ Kg} &< 90451,78 \text{ Kg (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Akibat beban sementara (1,2D+1,6L+1Qx+0,3Qy)

$$P = 264,5 \text{ Ton}$$

$$Mx = -85,58 \text{ Tm}$$

$$My = 39,102 \text{ Tm}$$

Beban vertical yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pile cap} &= 10,5 \text{ Ton} \\
 \text{Beban aksial kolom} &= \frac{264,502 \text{ Ton}}{4} + \\
 \Sigma P &= 275,002 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{My.X}{\Sigma x^2}$$

Untuk perhitungan  $P_{\max}$  adalah menggunakan persamaan berikut :

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} + \frac{My.X}{\Sigma x^2}$$

$$\begin{aligned}
 P1 &= \frac{275,002 \text{ Ton}}{4} + \frac{-85,58 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} + \frac{39,102 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} \\
 &= 47626 \text{ Kg} \\
 P2 &= \frac{275,002 \text{ Ton}}{4} - \frac{-85,58 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} - \frac{39,102 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} \\
 &= 89875 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah 89875 Kg

Syarat :

$$P_{\max} (1 \text{ tiang}) < P \text{ ijin tanah} \times \eta \times 1,5$$

$$89875 \text{ Kg} < 90451,78 \text{ Kg} \text{ (Memenuhi)}$$

Akibat beban sementara (1,2D+1,6L+0,3Qx+1Qy)

$$P = 138,07 \text{ Ton}$$

$$M_x = -25,37 \text{ Tm}$$

$$M_y = 12,641 \text{ Tm}$$

Beban vertical yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat pile cap} = 10,5 \text{ Ton}$$

$$\text{Beban aksial kolom} = \frac{138,07 \text{ Ton}}{\Sigma P} +$$

$$\Sigma P = 148,565 \text{ Ton}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot X}{\Sigma x^2}$$

Untuk perhitungan  $P_{\max}$  adalah menggunakan persamaan berikut :

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma x^2}$$

$$\begin{aligned}
 P1 &= \frac{148,565 \text{ Ton}}{4} + \frac{-25,37 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} + \frac{12,641 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} \\
 &= 31354 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= \frac{148,565 \text{ Ton}}{4} - \frac{-25,37 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} - \frac{12,641 \text{ Tmx}0,55\text{m}}{1.21 \text{ m}} \\
 &= 42928 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah 42928 Kg

Syarat :

$$P_{\max} (1 \text{ tiang}) < P \text{ ijin tanah} \times \eta \times 1,5$$

$$42928 \text{ Kg} < 90451,78 \text{ Kg (Memenuhi)}$$

g. Perhitungan tulangan bor pile

Berdasarkan perhitungan gaya aksial per satu tiang, maka untuk penulangan satu tiang bored pile di pilih dari gaya yang terbesar yaitu : 898750 N

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$P_n = \frac{898750 \text{ N}}{\phi}$$

$$P_n = 998607,0202 \text{ N}$$

$$M_u = 97755325 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{\text{momen ultimate}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{97755325 \text{ Nmm}}{\phi}$$

$$M_n = 108617027,8 \text{ Nmm}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{108617027,8 \text{ Nmm}}{998607,0202 \text{ N}}$$

$$e \text{ perlu} = 108,77 \text{ mm}$$

Periksa kondisi balance :

$$d = \text{diameter pile} - t_{\text{selimut}} - \phi_{\text{geser}} - (0,5 \times \phi_{\text{utama}})$$

$$= 330 \text{ mm}$$

$$d' = \text{diameter pile} - d$$

$$= 70 \text{ mm}$$

$$d'' = \text{diameter pile} - t_{\text{selimut}} - \phi_{\text{geser}} - (0,5 \times \phi_{\text{utama}}) - \left( \frac{1}{2} \times \text{diameter pile} \right)$$

$$= 130 \text{ mm}$$

Direncanakan pile dengan tulangan :

$$\text{Diameter tulangan rencana} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{As pasang} = 1608,495439 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } \epsilon_s = \epsilon_y \longrightarrow (f_s = f_y)$$

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \times 330 \text{ mm}$$

$$Xb = 198 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \times xb$$

$$= 0,85 \times 168 \text{ mm}$$

$$= 168,3 \text{ mm}$$

$$Cs' = As' (fy - 0,85 \times fc')$$

$$= 1608,495439 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa})$$

$$= 602382 \text{ N}$$

$$T = As \times fy$$

$$= 1608,495439 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 643398,1755 \text{ N}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot b \cdot xb$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 198 \text{ mm}$$

$$= 1716660 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow Pb = Cc' + Cs' - T$$

$$= 1675643,366 \text{ N}$$

$$Mb = Pb \times eb$$

$$= Cc' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

$$= 360826424 \text{ Nmm}$$

$$eb = Mb/Pb$$

$$= \frac{360826424 \text{ Nmm}}{1675643,366 \text{ N}}$$

$$= 215,34 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tekan Menentukan)}$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tarik Menentukan)}$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$108,77 \text{ mm} < 215,34 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

Nilai x:

$$\begin{aligned}
 a &= 0,54 d \\
 0,85 x &= 0,54 \times 330 \text{ mm} \\
 x &= 209,647 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s < \varepsilon_y \longrightarrow (f_s < f_y)$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{280 \text{ mm}}{177,882 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003$$

$$\varepsilon_s = 0,00172$$

$$f_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600$$

$$f_s = \left( \frac{280 \text{ mm}}{177,882 \text{ mm}} - 1 \right) 600$$

$$f_s = 344,44$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\varepsilon_y = \frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}} = 0,002$$

$$\text{Periksa : } \varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$0,00172 < 0,002 \text{ (memenuhi)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344,44 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1608,495439 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa}) \\
 &= 602381,5418 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 209,647 \text{ mm} \\
 &= 2499000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_s \\
 &= 1608,495439 \text{ mm}^2 \times 344,44 \text{ Mpa} \\
 &= 369358,2118 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 0 \longrightarrow P_b$$

$$\begin{aligned} P_b &= Cc' + Cs' - T \\ &= 3599023 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa :

$$\begin{aligned} P_b &> P \\ 3599023 \text{ N} &> 1675643,366 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d' - d'') + T \cdot d'' \\ &= 516277268 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Periksa :

$$\begin{aligned} M_{n_{\text{terpasang}}} &> M_n \\ 516277268 \text{ Nmm} &> 108617027,8 \text{ Nmm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipasang tulangan 8D16

h. Perhitungan Geser Spiral

db	: 50 mm
dc	: 350 mm
dg	: 400 mm
fc'	: 30 Mpa
fyt	: 400 Mpa
fys	: 240 Mpa
cover	: 50 Mpa
Diameter tul. utama	: 16 mm
Diameter tul. geser	: 12 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= 0,25 \times \pi \times 12^2 \\ &= 113,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= 0,25 \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= 0,25 \times \pi \times 350^2 \\ &= 96211 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_s = 0,45 \times \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \times \frac{f_{c'}}{f_{yt}}$$

$$\rho_s = 0,45 \times \frac{125664 \text{ mm}^2}{96211 \text{ mm}^2} - 1 \times \frac{30 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0172 \\
 s &= \frac{asv \times \pi \times (Dc - \phi)}{Ach \times \rho} \\
 s &= \frac{113,1 \text{ mm}^2 \times \pi \times (350\text{mm} - 12\text{mm})}{96211 \text{ mm}^2 \times 0,0203} \\
 s &= 72,49 \text{ mm} \\
 s \text{ max} &= \frac{d}{2} = 165 \text{ mm} \\
 S \text{ pasang} &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Panjang penyaluran} \\
 \frac{0,24 f_y d}{\lambda f_c'} &\geq 0,043 f_y \times d \\
 \frac{0,24 \times 400 \text{ Mpa} \times 16\text{mm}}{1 \times 30 \text{ Mpa}} &\geq 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm} \\
 280,434 \text{ mm} &\geq 275,2 \text{ mm} \\
 Ld \text{ pasang} &= 300\text{mm} \geq 289,434 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \\
 \text{Sehingga dipasang tulangan spiral adalah } \phi 12-50
 \end{aligned}$$

i. Perhitungan tebal pile cap

- Perhitungan geser pada pile cap akibat tiang pancang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 11.11.2.1 poin (a), (b), dan (c), untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka Vc harus memenuhi persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \beta c &= \frac{b_{kolom}}{h_{kolom}} = \frac{500\text{mm}}{500 \text{ mm}} = 1 \\
 \beta o &= \text{keliling tiang} = \pi \times (d_{tp} + d) \\
 \beta o &= \pi \times \frac{1}{4} \times (0,35 \text{ m} + 0,525\text{m}) = 3,298 \text{ m} \\
 A_t &= A_{pile \text{ cap}} - A_{pondasi} \\
 A_t &= 5,384 \text{ m}^2 \\
 V_u &= P_u \times A_t \\
 V_u &= 227,85 \text{ T} \\
 \text{Persamaan 1} \\
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d
 \end{aligned}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 3,29 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$$

$$V_c = 598,94 \text{ T}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$227,85 \text{ T} \leq 0,75 \times (598,94 \text{ T})$$

$$227,85 \text{ T} \leq 449,205 \text{ (memenuhi)}$$

Persamaan 2

$$V_c = 0,83 \left( \frac{a_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,83 \left( \frac{20 \times 0,65 \text{ m}}{2,75 \text{ m}} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 3,29 \text{ m}$$

$$\times 0,65 \text{ m}$$

$$V_c = 656,002 \text{ T}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$227,85 \text{ T} \leq 0,75 \times (656,002 \text{ T})$$

$$227,85 \text{ T} \leq 405,328 \text{ (memenuhi)}$$

Persamaan 3

$$V_c = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 3,29 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$$

$$V_c = 540,44 \text{ T}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$227,85 \text{ T} \leq 0,75 \times (540,44 \text{ T})$$

$$227,85 \text{ T} \leq 405,33 \text{ (memenuhi)}$$

Dari persamaan diatas didapat hasil memenuhi pada setiap persamaan sehingga tinggi pile cap dapat direncanakan 600 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir,  $\phi$  harus diambil sebesar yang terbesar dari  $0,24 F_y / (\lambda \sqrt{f_c'})$  db, dan  $(0,043 \cdot f_y)$  db



$$\begin{aligned}
 0,24 \times 400 / (1 \times \sqrt{30}) \times 16 &\geq (0,043 \times 400) \times 16 \\
 280.4339494 \text{ mm} &\geq 275.2 \text{ mm} \\
 300 \text{ mm} &\geq 280.4339494 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

j. Perhitungan tulangan pile cap

Data perencanaan

Lebar pile cap	: 2500 mm
Panjang pile cap	: 2500 mm
Tinggi pile cap	: 700 mm
Jumlah tiang	: 4
Lebar kolom	: 500 mm
Tinggi kolom	: 500 mm
Mutu beton	: 30 Mpa
Mutu besi	: 400 Mpa
Diameter tulangan	: 16 mm
Tebal selimut	: 50 mm
$\Phi$	: 0,9

$$\begin{aligned}
 dx &= 700 - 50 \text{ mm} - \left( \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \right) \\
 &= 642 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 700 - 50 \text{ mm} - \left( \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \right) - 16 \text{ mm} \\
 &= 626 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pembebanan yang terjadi pada pile cap adalah

Penulangan Pile cap Arah X

$$b1 = 950 \text{ mm}$$

$$b2 = 700 \text{ mm}$$

$$b3 = 250 \text{ mm}$$

$$Q_u \text{ pile cap} = 3990 \text{ Kg}$$

$$P_{max} \text{ akibat beban sementara } 47626,47 \text{ Kg}$$

Momen yang terjadi pada pile cap

$$\begin{aligned}
 &= [(q_u \times b1) + (P \times \text{jarak As.tiang ke tepi kolom})] \\
 &= 59433130 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_l x}{\phi}$$

$$M_n = \frac{59433130 \text{ Nmm}}{0,9} = 66036806 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{30 \text{ Mpa}} = 15.686$$

$$Rn = \frac{Mn}{b_w \cdot d x^2} = \frac{66036806 \text{ Nmm}}{2500 \text{ mm} \cdot 642 \text{ mm}^2} = 0.064 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.064}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0.0002$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0035$$

$$\rho_b = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0.75 \times \frac{0.85 \times \beta \times f_{c'}}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0325125$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times$$

$$\rho_{max} = 0.024$$

Kontrol :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0035 < 0.0002 < 0.024 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipasang tulangan dengan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{min} \times b \times d x \\ &= 0.0035 \times 2500 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\ &= 5617.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak maksimum} &= 2h \\ &= 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak perlu} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 2500}{5617,5} \\
 &= 89,48
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan pile cap rencana adalah D16-75

Periksa :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pasang}} &< S_{\text{perlu}} < S_{\text{max}} \\
 75 \text{ mm} &< 89,48 \text{ mm} < 1400 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \\
 A_{\text{perlu}} &< A_{\text{pasang}} \\
 5617,5 \text{ mm}^2 &< 6702,1 \text{ mm}^2 \\
 &(\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Penulangan Pile cap Arah Y

$$b_1 = 950 \text{ mm}$$

$$b_2 = 700 \text{ mm}$$

$$b_3 = 250 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{pile cap}} = 3990 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{max akibat beban sementara}} = 31354,25 \text{ Kg}$$

Momen yang terjadi pada pile cap

$$= 9092321,544 \text{ Kgmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{ly}}{\phi} \\
 M_n &= \frac{9092321,544 \text{ Nmm}}{0,9} = 101025794,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
 m &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b_w \cdot d^2} \\
 R_n &= \frac{101025794,9 \text{ Nmm}}{2100 \text{ mm} \cdot 517 \text{ mm}^2} = 0,17 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{F_y}} \right) \\
&= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.17}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\
&= 0,00045 \\
\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = 0,0035 \\
\rho_b &= 0,75 \times \rho_b \\
\rho_b &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
\rho_b &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \\
\rho_b &= 0.0325125 \\
\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
\rho_{max} &= 0,75 \times \\
\rho_{max} &= 0.024
\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0002 < 0,024 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipasang tulangan dengan :

$$\begin{aligned}
\text{As perlu} &= \rho_{min} \times b \times dx \\
&= 0,0035 \times 2500 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
&= 5617,5 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jarak maksimum} &= 2h \\
&= 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jarak perlu} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} \\
&= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 2500}{5617,5} \\
&= 89,48
\end{aligned}$$

Sehingga tulangan pile cap rencana adalah D16-75

Periksa :

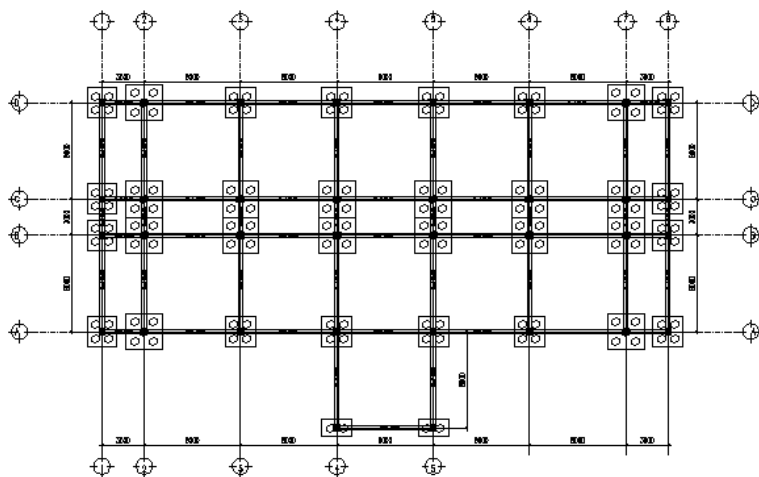
$$\begin{array}{lcl}
 S_{\text{pasang}} & < & S_{\text{perlu}} < S_{\text{max}} \\
 75 \text{ mm} & < 89,48 \text{ mm} < 1400 \text{ mm} & \text{(memenuhi)} \\
 A_{\text{perlu}} & < & A_{\text{pasang}} \\
 5617,5 \text{ mm}^2 & < & 6702,1 \text{ mm}^2 \\
 & \text{(memenuhi)} &
 \end{array}$$

#### 4.4.4 Rekapitulasi Perhitungan Pondasi

Tulangan Borpile : 8D16 dengan sengkang spiral D12-50

*Tabel 23 Rekapitulasi Pondasi*

No	Tip e	Jumla h tiang	Panjang g	Leba r	Teba l	Tulanga n arah X	Tulanga n arah Y
1	1	4 buah	2,5m	2,5m	0,7m	D16-75	D16-75
2	2	5 buah	3m	3m	0,7m	D16-80	D16-80
3	3	2 buah	2,5m	1,4m	0,7m	D16-75	D16-75



*Gambar 28 Perencanaan Pondasi*

# Lampiran

# DRILLING LOG

Project No.	: 1
Bore Hole No.	: III
Water Table	: - M

Project : Soil Investigation Rest Area
Lokasi : Pamekasan
Elevation : ± 0,0 ( muka tanah setempat )

Type of Drilling	: Rotary
Date	: 6 Agustus 2015
Driller	: Bandi

Remarks.
UD = Undisturb Sample
SPT = SPT Test

[illegible]

**Legenda :**

**5500000** : Lempung

 : Pasir

 : Batu

 : Muka air Tanah



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan menggunakan metode SRPMM dengan beban gempa statik ekuivalen periode 500 tahun dan periode 2500 didapat hasil gaya dalam perhitungan melalui bantuan aplikasi SAP2000. Dari hasil gaya dalam periode gempa 500 tahun mengalami kenaikan sebesar 29% dibanding perhitungan perencanaan gedung Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya ketika menerima beban gempa statik ekuivalen periode 2500 tahun sehingga otomatis kebutuhan tulangan pada struktur gedung meningkat jika menggunakan perhitungan dengan periode gempa 2500 tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2002a).*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*.Jakarta:BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (2002b).*Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*.Jakarta:BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (2002c).*Beban Minimum Untuk perancangan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013)*.Jakarta:BSN.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.1979.Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Wang,ChuKia.,Salmon,CharlesG.,Hariandja,Binsar.1992.*Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Wang,ChuKia.,Salmon,CharlesG.,Hariandja,Binsar.1992.*Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir pada tanggal 31 bulan Oktober tahun 1994 dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Rafli Rakhma Aldillah ini merupakan lulusan dari SDN Kedunglengkong 2, juga pernah bersekolah di SMPN 1 Puri, dan SMAN 1 Sooko Kabupaten Mojokerto yang kemudian melanjutkan studinya di Diploma III Teknik Sipil ITS. Selama masa perkuliahan penulis pernah aktif dikegiatan organisasi yaitu menjadi staff departemen Big Event HMDS ITS periode 2014-2015 dan pernah menjabat sebagai Ketua acara D'Village 2015. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi, di waktu senggangnya penulis sering menghabiskan waktu untuk main game dan membaca komik.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir pada tanggal 9 bulan Mei tahun 1995 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis bernama lengkap Ikfa Muqsith Zukhro ini merupakan lulusan dari SDN Kuwonharjo 1 Kab. Magetan, juga pernah bersekolah di SMPN 1 Kawedanan Kab. Magetan, dan SMAN 3 Madiun Kota. Madiun yang kemudian melanjutkan studinya di Diploma III Teknik Sipil ITS. Selama masa perkuliahan penulis pernah aktif dikegiatan jurusan yaitu menjadi anggota sie perkap lomba jurusan yaitu D'Village. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi, di waktu senggangnya penulis sering menghabiskan waktu untuk bermain game dan futsal.